

ส่งเสริม เผยแพร่ และแลกเปลี่ยนความรู้ด้านการวิจัย
ระหว่าง คณาจารย์ นิสิต นักศึกษา นักวิชาการ และผู้สนใจทั่วไป



สถาบันวิจัยและพัฒนา



มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
1 หมู่ 20 ถนน 48 ถนนพหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 13180
โทรศัพท์ : 0-2909-3036 โทรสาร : 0-2909-3036
<http://rd.vru.ac.th>



วารสารวิจัยและพัฒนา
วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

VRU Research and Development Journal // ISSN 2351-0366

Science and Technology
ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 (เดือนมกราคม - เดือนเมษายน 2562)
Volume 14 Number 1 (January - April 2019)



วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ISSN 2351-0366 ปีที่ 14 ฉบับที่ 2 เดือนกุมภาพันธ์ - เดือนธันวาคม 2562

วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ISSN: 2351-0366 (Print)

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 (เดือนมกราคม – เดือนเมษายน 2562)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ผลงานบทความวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ อาหาร วิทยาศาสตร์การแพทย์และสุขภาพ วิทยาศาสตร์ธรรมชาติ เกษตรศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และเทคโนโลยีสารสนเทศ สุนัขวิจัยและผู้สนใจทั่วไป
2. เพื่อส่งเสริมความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ อาหาร วิทยาศาสตร์การแพทย์และสุขภาพ วิทยาศาสตร์ธรรมชาติ เกษตรศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และเทคโนโลยีสารสนเทศ รวมไปถึงประสบการณ์ในการวิจัยระหว่างสถาบัน

เจ้าของ

สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์

กำหนดออกเผยแพร่

ปีละ 3 ฉบับ

ฉบับที่ 1 (มกราคม – เมษายน)

ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม – สิงหาคม)

ฉบับที่ 3 (กันยายน – ธันวาคม)

บรรณาธิการอำนวยการ

อ.ดร.สุพจน์ ทราญแก้ว

บรรณาธิการ

ผศ.ดร.มนัญญา คำวชิระพิทักษ์

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ผศ.ดร.บุญยง นิลแสง

อ.กนกนาฏ พรหมนคร

อ.พัชรภรณ์ จันทรวงษ์

อ.ภูมรินทร์ ทวีศรี

นางวารุณี จันทพงษ์

น.ส.กัญญาวิรี กุลพิพัฒน์เตชนาถ

นายชูศักดิ์ ชันธชาติ

น.ส.ณัฐพิพัฒน์ ดอกเทียน

น.ส.ชนาพร วยทรง

นายณพลสิทธิ์ เหมื่อนสังข์

น.ส.ปรียา ยอดจันทร์

กองบรรณาธิการ

1. รศ.ดร.วิลาศ พุ่มพิมล มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
2. รศ.ดร.กิติ ชยะกุลศิริ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
3. รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
4. รศ.ดร.ธีระชัย ธนานันต์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
5. ผศ.ดร. กิตติพันธ์ เตชะกิติโรจน์ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ
6. รศ.ดร.สุทธิพันธ์ แก้วสมพงษ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
7. รศ.ดร.ชูสิทธิ์ ประดับเพ็ชร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
8. ผศ.ดร.ศุภกิตต์ สายสุนทร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
9. ผศ.ดร.ปรียาพร โภษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ติดต่อสอบถามรายละเอียดได้ที่

กองบรรณาธิการวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
เลขที่ 1 หมู่ 20 ถนนพหลโยธิน กม.48 ปณจ.ประตูน้ำพระอินทร์ ตำบลคลองหนึ่ง
อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 13180

โทรศัพท์/โทรสาร 0 2909 3036

E-mail: rdi_published@vru.ac.th

Website: <http://rd.vru.ac.th>

โรงพิมพ์

ศูนย์เรียนรู้การผลิตและจัดการธุรกิจสิ่งพิมพ์ดิจิทัล

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

เลขที่ 1 หมู่ 20 ถนนพหลโยธิน กม.48 ปณจ.ประตูน้ำพระอินทร์ ตำบลคลองหนึ่ง
อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 13180

โทรศัพท์ 0 2529 0674 7, 0 2909 1633

Website: www.vru.ac.th

จำนวน 80 เล่ม

อัตราค่าธรรมเนียมบำรุงวารสาร

บทความละ 2,500 บาท

ข้อความและบทความในวารสารนี้
เป็นความคิดเห็นของผู้นิพนธ์โดยเฉพาะ
กองบรรณาธิการไม่มีส่วนรับผิดชอบในเนื้อหา
และข้อคิดเห็นอื่นๆ แต่อย่างใด

วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

VRU Research and Development Journal

Science and Technology

บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ผลงานบทความวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สู่นักวิจัยและผู้สนใจทั่วไป และเพื่อส่งเสริมความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และประสบการณ์ในการวิจัยระหว่างสถาบัน ซึ่งได้รับการประเมินคุณภาพวารสารวิชาการจากศูนย์อ้างอิงดัชนีวารสารไทย (TCI) โดยถูกจัดให้เป็น วารสารกลุ่มที่ 2 สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีกำหนดออกเผยแพร่ปีละ 3 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 (เดือนมกราคม – เดือนเมษายน) ฉบับที่ 2 (เดือนพฤษภาคม – เดือนสิงหาคม) ฉบับที่ 3 (เดือนกันยายน – เดือนธันวาคม) สำหรับนักวิจัยที่มีความประสงค์จะส่งต้นฉบับเพื่อลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนาฯ สามารถส่งบทความวิจัยดังกล่าวมายังกองบรรณาธิการได้โดยตรง ทั้งนี้บทความวิจัยที่เสนอขอตีพิมพ์จะต้องไม่เคยหรือได้อยู่ในระหว่างขอเสนอลงตีพิมพ์ในวารสารฉบับอื่นมาก่อน ซึ่งบทความวิจัยดังกล่าวจะต้องได้รับการอ่านและประเมินคุณภาพพร้อมได้รับความเห็นชอบให้ตีพิมพ์เผยแพร่จากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) ในสาขาวิชานั้น ๆ ของวารสารวิจัยและพัฒนาฯ อย่างน้อย 2 ท่านก่อนลงตีพิมพ์ บทความวิจัยที่ได้รับการพิจารณาตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยและพัฒนาฯ ถือเป็นกรรมสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ห้ามนำข้อความทั้งหมดหรือบางส่วนไปพิมพ์ซ้ำ เว้นแต่จะได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเป็นลายลักษณ์อักษรหรือมีการอ้างอิงอย่างถูกต้องชัดเจน โดยเนื้อหาต้นฉบับที่ปรากฏในวารสารวิจัยและพัฒนาฯ เป็นความรับผิดชอบของผู้นิพนธ์บทความวิจัยเอง ทั้งนี้ไม่รวมความผิดพลาดอันเกิดจากเทคนิคการพิมพ์

ปัจจุบันวารสารวิจัยและพัฒนาฯ ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 (เดือนมกราคม – เดือนเมษายน 2562) ฉบับนี้ได้รับรวบรวมบทความวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 14 เรื่อง เผยแพร่ผ่าน 3 ช่องทางได้แก่การจัดพิมพ์เป็นรูปเล่มวารสาร การเผยแพร่ออนไลน์ผ่านทางเว็บไซต์ <http://rd.vru.ac.th> และเว็บไซต์ <http://www.tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/issue/archive>

สุดท้ายนี้ ทางกองบรรณาธิการ ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและส่งผลงานบทความวิจัยเข้าร่วมลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนาฯ อย่างดีตลอดมา

บรรณาธิการ

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ
ประจำวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 14 ฉบับที่ 1

รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงใจ	บุญกุศล
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญเสฐียร	บุญสูง
รองศาสตราจารย์ ดร.มานะ	ชาวเมฆ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรรณิกา	อัมพูช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรพัฒน์	วานิชวัฒนะโกศล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิทรา	กิจธีระวุฒิมวงษ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิตา	พัทธรวิไล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นนรภัส	ถกลภักดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวิภา	แพงศรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณทิชา	เศวตบวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิษุพงษ์	วิบูลย์เจริญ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจิตกัลยา	มฤครัฐอินแปลง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจิตตา	เรืองรัมย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาทิพย์	จันทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทธิพันธ์	แก้วสมพงษ์
ดร.กุลรดา	ลอยหา
ดร.ภักพัฒน์	เดชชีวะ
ดร.วชิราภรณ์	พิกุลทอง
ดร.วิรามศรี	ศรีพจนารถ

สารบัญ

	หน้า
การตรวจหา คุณลักษณะ และการยับยั้งเชื้อราของโคโตซานจากพืชไทย มานะ ชาวเมฆ	1
การวิเคราะห์ข้อมูลผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตจากอุบัติเหตุในช่วงเทศกาลสงกรานต์ โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล วิไลลักษณ์ ตรีพีช	11
EFFECT OF JELLOSE AND SWEET TAMARIND PULP OF THAILAND ON SOME PHYSICAL PROPERTIES AND SENSORY CHARACTERISTICS OF TAMARIND GELATO ICE CREAM Woatthichai Narkrusa Piyada Palaya Thanatchaporn Jaipakdeea Suthasinee Yodudom	21
อิทธิพลของจำนวนนักท่องเที่ยวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ของอากาศในอาคารโบราณสถาน อนัญญา โพธิ์ประดิษฐ์ โรจน์ คุณเอนก	33
การใช้พืชชนิดพืชสูงจนจุดเก้ายจุดบนวงรีโดยการสร้างจากสามเหลี่ยมมุมฉากใด ๆ สอดคล้องกับทฤษฎีวงรีเก้ายจุด คชินทร์ โภกนุทาภรณ์	45
การศึกษาคุณสมบัติบางประการของฟิล์มคีแตม พรพฐ อัดแอ วุฒิชัย นาครักษา	59
การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความหนืด, พฤติกรรมการไหล และคุณสมบัติทาง กายภาพบางประการ ของแป้งเมล็ดมะขามที่ได้จากเมล็ดมะขามหวานและเปรี้ยวของ ประเทศไทย พรรณวดี จุลภักดิ์ วุฒิชัย นาครักษา	72
ผลสัมฤทธิ์การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาของนักศึกษาหลักสูตรสาธารณสุขศาสตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ อภิชัย คุณิพงษ์ ศศิธร ตันติเอกรัตน์	82
ความคิดเห็นของประชาชนที่มีต่อการจัดการสิ่งแวดล้อมในพื้นที่อนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรม และส่งเสริมการท่องเที่ยวกรุงเทพมหานคร โดยฝั่งเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 วรลักษณ์ คงอ้วน	89
การวิเคราะห์ห่อเตอร์ฟุตบอลที่ใช้โปรแกรม CROPWAT 8.0 จากการเพาะปลูก มะยงชิด : กรณีศึกษาตำบลป่าชะ อาเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก นิสา พักตร์วิไล สามารถ พรเจริญ วารินทร์ เวียงรัตน์	100
ความเข้มของสีของกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ชาวสนาน(Dendrobium 'Khao Sanan')ที่ย้อมด้วยสีผสมอาหาร เพื่อการจัดดอกไม้แบบไทยประณีตศิลป์ ธเนศ เรืองเดช ศรัณยา คุณะติลล สุดาวดี เหมทานนท์	110

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดหยาบของมะม่วง น้ำดอกไม้ จังหวัดสระแก้ว ณพัทธ์อร บัวฉุน สุรีพร คู่คิด	121
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกรวมจากใบชายา ณพัทธ์อร บัวฉุน ผกามาศย์ ชูเสน	133
KINETIC OF COOKING PARBOILED PRE-GERMINATED BROWN RICE AND TTI DEVELOPMENT Nucharee Krongworakul Onanong Naivikul	144

การตรวจหา คุณลักษณะ และการยับยั้งเชื้อราของโคโตซานจากพืชไทย

มานะ ชาวเมฆ^{1*}

บทคัดย่อ

การตรวจหาเอนไซม์โคโตซานจากต้นอ่อนพืชไทยจำนวน 32 ชนิดใน Family Gramineae 21 ตัวอย่าง และ Leguminosae 11 ตัวอย่าง พบโคโตซานจากต้นอ่อนพืชทั้ง 32 ตัวอย่าง มีค่ากิจกรรมจำเพาะสูงในช่วงอายุ 2-4 สัปดาห์ โดยมีค่ากิจกรรมจำเพาะอยู่ในช่วง 2.0812 - 32.9345 ยูนิต/มิลลิกรัม ต้นอ่อนพืชที่มีค่ากิจกรรมจำเพาะมากกว่า 10 ยูนิต/มิลลิกรัม มีจำนวน 12 ชนิด เรียงจากมากไปน้อยดังนี้คือ ข้าวสกลนคร ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าว กข6 ข้าวโกชิฮิการิ ข้าวปทุมธานี 1 ข้าวเหนียวสันป่าตอง 1 ข้าวเหนียวดำ ข้าวเหลืองประทิว 123 ข้าวสุพรรณบุรี 1 ข้าวสุพรรณบุรี 90 ข้าวสุพรรณบุรี 60 และข้าว กข8 โดยโคโตซานที่สกัดจากข้าวสกลนคร อายุ 2 สัปดาห์ มีค่ากิจกรรมจำเพาะสูงที่สุดคือเท่ากับ 32.9345 ยูนิต/มิลลิกรัม และสีเสียดแก่นมีค่ากิจกรรมจำเพาะต่ำสุดคือ 2.0812 ยูนิต/มิลลิกรัม พีเอชที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาของโคโตซานของต้นอ่อนพืชทั้ง 32 ชนิด อยู่ในช่วง 3.5 - 6.0 และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาอยู่ในช่วง 40 - 60 องศาเซลเซียส

การยับยั้งเชื้อราของเอนไซม์โคโตซานจากต้นอ่อนพืชทั้ง 32 ชนิด พบว่า โคโตซานจากต้นอ่อนพืช ที่มีค่ากิจกรรมจำเพาะสูงจะมีความสามารถในการยับยั้งชนิดของเชื้อราได้มากกว่า และใช้โคโตซานสปริมาณน้อยกว่าในการยับยั้งเชื้อรา โดยโคโตซานจากต้นอ่อนพืช 12 ชนิด ที่มีค่ากิจกรรมจำเพาะสูงกว่า 10 ยูนิต/มิลลิกรัม สามารถยับยั้งเชื้อราได้ 7 ชนิดจาก 8 ชนิด โดยใช้โคโตซานในการยับยั้งเชื้อราปริมาณ 10 - 15 ไมโครกรัม

คำสำคัญ : การตรวจหา คุณลักษณะ การยับยั้งเชื้อรา โคโตซาน พืชไทย

¹ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์จังหวัดปทุมธานี

* ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: mana@vru.ac.th

SCREENING, CHARACTERIZATION AND ANTIFUNGAL OF CHITOSANASE FROM THAI PLANTS

Mana Kaomek^{1*}**Abstract**

To screening of chitosanase from Thai plants germinated 32 species in 21 Family Gramineae and 11 from Leguminosae. It found chitosanase from 32 plants germinated and were highly specific in the age of 2-4 weeks. Specific activity were 2.0812 - 32.9345 units/mg. There are 12 species that had specific activity more than 10 units/mg that specific activity from most to least are follows as: Sakon Nakhon rice, Khao Dawk Mali 105 rice, RD6 rice, Koshihikari rice, Pathum Thani 1 rice, Niaw San-pah-tawng 1 rice, Leuang Pratew 123 rice, Suphan Buri 1 rice, Suphan Buri 90 rice, Suphan Buri 60 rice, and RD8 rice, respectively. Chitosanase from two weeks of Sakolnakorn rice had the highest specific activity of 32.9345 U/mg and chitosanase from *Acacia catechu* Willd had the lowest activity was 2.0812 U/mg. Chitosanase from 32 plants germinated species had optimal pH and temperature of 3.5 to 6.0 and 40-60 °C, respectively.

Chitosanase from 32 plants germinated species were inhibited fungi. Chitosanase from 12 plants germinated species with high specific activity were able to inhibit 7 species of fungi from 8 species by using chitosanase concentration to inhibit fungi of 10-15 µg.

Keywords : Screening, Characterization, Antifungal, Chitosanase, Thai Plants

¹ Program of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage,

* Corresponding author, e-mail: mana@vru.ac.th

บทนำ

ไคโตซานเป็นไบโอพอลิเมอร์ธรรมชาติชนิดหนึ่งที่มีดีบุกโคซามีนเป็นองค์ประกอบ พบในธรรมชาติมีลักษณะเด่นเฉพาะตัว ไคโตซานเตรียมได้จากไคตินที่เป็นโครงสร้างของสัตว์พวก กุ้ง ปู แมลง และ เชื้อรา ซึ่งถูกย่อยสลายได้ตามธรรมชาติจึงมีความปลอดภัยในการนำมาใช้กับมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ไม่เกิดการแพ้ ไม้ไวไฟ และไม่เป็นพิษ นอกจากนี้ยังส่งเสริมการเพิ่มปริมาณของสิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์ในธรรมชาติ (Biomaterials) ไคโตซานเตรียมจากไคตินที่ตัดหมู่อะซิติลของเอ็นอะซิติลกลูโคซามีนเหลือเป็นหมู่อะมิโนของ กลูโคซามีน ตั้งแต่ 50 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป (Hayes, et al., 2008) และมีสมบัติละลายได้ในกรดอ่อน ไคโตซาน มีสมบัติที่สำคัญหลายประการ เช่น การจับกับไอออนของโลหะได้ดี และการมีฤทธิ์ทางชีวภาพ ปัจจุบันมีการนำ ไคโตซานมาประยุกต์ใช้จริงทั้งในอุตสาหกรรม เกษตรกรรม การแพทย์ และเภสัชกรรม เช่น สารตกตะกอน ในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมเส้นใยสิ่งทอ และการป้องกันแบคทีเรียและเชื้อรา

ไคโตซานสเป็นเอนไซม์เร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของพันธะเบตา 1,4 ไกลโคซิดิกของไคโตซาน ตรงพันธะระหว่างกลูโคซามีนกับกลูโคซามีน (GlcN-GlcN) กลูโคซามีนกับเอ็นอะซิติลกลูโคซามีน (GlcN – GlcNAC) และ เอ็นอะซิติลกลูโคซามีนกับกลูโคซามีน (GlcNAC-GlcN) แต่ไม่สามารถย่อยสลายพันธะระหว่าง เอ็นอะซิติลกลูโคซามีนกับเอ็นอะซิติลกลูโคซามีน (GlcNAC-GlcNAC) เนื่องจาก GlcNAC-GlcNAC มีคุณสมบัติที่ จำเพาะในการย่อยด้วยไคตินเนสเพราะมีความแตกต่างกันในการทำงานของโครงสร้างระหว่างไคตินเนสและไคโต ซาเนส (Aam, et al., 2010) ไคโตซานสามารถพบในสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เช่น เชื้อราและแบคทีเรีย ซึ่งแบคทีเรีย ที่ผลิตไคโตซานมีความสำคัญในการรักษาความสมดุลของระบบนิเวศ สิ่งมีชีวิตที่มีไคโตซานเป็นองค์ประกอบ สามารถผลิตไคโตซานได้ สิ่งมีชีวิตบางชนิดที่ไม่มีไคโตซานเป็นองค์ประกอบแต่สามารถผลิตไคโตซานได้ เช่น แบคทีเรียบางชนิด ไคโตซานและไคตินสจากพืชที่มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของ เชื้อรา ไคโตซานมีความสำคัญมากในด้านการเกษตร นอกจากนั้นการหาเอนไซม์จากพืชที่มีคุณสมบัติเหมาะสม ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราโรคพืช หรือสามารถสลายไคโตซานเป็นเฮกซะเมอร์ (Hexamer) และ เฮปตะเมอร์ (Heptamer) ของกลูโคซามีนที่เป็นประโยชน์อย่างมากในการประยุกต์ใช้

การศึกษานี้เป็นการตรวจหาเอนไซม์ไคโตซานสจากต้นอ่อนพืชจำนวน 32 ชนิด หากคุณลักษณะ พิเศษและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาของไคโตซานสและทดสอบการยับยั้งเชื้อรา จำนวน 8 สายพันธุ์ ที่ก่อให้เกิดโรคพืช

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อตรวจหาไคโตซานสและคุณลักษณะของไคโตซานสจากพืชไทยจำนวน 32 ชนิด
2. เพื่อนำสารสกัดไคโตซานสจากต้นอ่อนพืชไทยจำนวน 32 ชนิดมาทดสอบการยับยั้งเชื้อรา

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สกัดเอนไซม์ไคโตซานสจากต้นอ่อนของพืช 32 ชนิด ที่มีอายุ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ โดยวิธี ของฟิลไลและคณะ (Pillai, et al., 2009) โดยนำต้นอ่อนพืชอายุต่าง ๆ มาบดในไนโตรเจนเหลว เติมน้ำแข็งอะซิเตด บัพเฟอร์ พิเอช 3.5 ปริมาตร 1:1 ที่มีฟีนิลเมธิลซัลโฟนิลฟลูออไรด์เข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ และพอลิไวนิลพอลิไพโรลิโดล 5 เปอร์เซ็นต์ นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 25,000 g เป็นเวลา 30 นาที จะได้สารละลายของสารสกัดไคโตซานส

2. หากากิจกรรมของไคโตซานส (Tolaimate, et al, 2003) โดยนำสารสกัดไคโตซานส 200 ไมโครลิตรผสมกับสารละลายไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20

นาที่ จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือด 3 นาที แล้วปั่นเหวี่ยงที่ 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ดูดสารละลายใส 1.5 มิลลิลิตร ผสมกับ Schales' Reagent ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ให้ความร้อนเป็นเวลา 15 นาที ปล่อยให้เย็น นำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ 400 นาโนเมตร และเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานกลูโคซามีน

3. หาปริมาณโปรตีนด้วยวิธีของเลาว์รี (Lowry, et al., 1951) โดยนำสารสกัดโคโตซานผสม 10 ไมโครลิตร ปรับปริมาตรเป็น 500 ไมโครลิตร ด้วยโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์พีเอช 3.5 เติมสารละลายผสมคอปเปอร์ซัลเฟต 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เติมสารละลาย 50 เปอร์เซ็นต์ โพลินปริมาตร 250 ไมโครลิตร เขย่าและตั้งทิ้งไว้ 30 นาที วัดการดูดกลืนแสงที่ 750 นาโนเมตร เทียบกับกราฟมาตรฐานของโปรตีนโบวันซีรีมอัลบูมิน (BSA)

4. ศึกษาผลของพีเอชและอุณหภูมิต่อการเร่งปฏิกิริยา (Gomori, 1955)

4.1 ศึกษาค่ากิจกรรมในช่วงพีเอช 3.0-10 (ช่วงต่าง 0.5) โดยพีเอชช่วง 3.0-6.0 ใช้โซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ช่วงพีเอช 6.5-8.0 ใช้ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ และช่วงพีเอช 8.5-10 ใช้ทริสไฮโดรคลอริก บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที

4.2 ศึกษาค่ากิจกรรมที่อุณหภูมิ 30-70 องศาเซลเซียส (ช่วงต่าง 5 องศาเซลเซียส) โดยใช้โซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์พีเอชที่เหมาะสม (ผลจากข้อ 4.1) บ่มที่อุณหภูมิต่าง ๆ (30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65 และ 70) เป็นเวลา 20 นาที

5. ตัดเชื้อราที่อยู่ในสแลนท์ (Slant) เป็นรูปสี่เหลี่ยมมาเลี้ยงตรงกลางจานเลี้ยงเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 วัน นำเอนไซม์โคโตซานสกัดจากพืช 32 ชนิด มาทดสอบการยับยั้งเชื้อรา โดยนำกระดาษกรองมาตัดเป็นรูปวงกลมวางไว้ในเพลท 4 จุด หยดโคโตซานที่มีความเข้มข้น 5, 10 และ 15 ไมโครกรัม อย่างละ 50 ไมโครลิตร ตามลำดับ ลงบนกระดาษกรองที่ตัดไว้ 3 จุด และหยดสารละลายบัฟเฟอร์ที่ตัวควบคุม 1 จุด แล้วบ่มที่ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน ตรวจเช็คการยับยั้งเชื้อรา

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การตรวจหาเอนไซม์โคโตซานสกัดจากต้นอ่อนพืชไทยจำนวน 32 ชนิด พบว่าต้นอ่อนพืชไทย ทั้ง 32 ชนิดมีเอนไซม์โคโตซานส จากการศึกษาค่ากิจกรรมจำเพาะที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที โคโตซานสกัดจากต้นอ่อนที่มีค่ากิจกรรมจำเพาะสูงอยู่ในช่วงอายุ 2-4 สัปดาห์ โดยมีค่ากิจกรรมจำเพาะอยู่ในช่วง 2.0812-32.9345 ยูนิต/มิลลิกรัม ต้นอ่อนพืชที่มีค่ากิจกรรมจำเพาะมากกว่า 10 ยูนิต/มิลลิกรัม มี 12 ชนิด เรียงจากมากไปน้อยคือ ข้าวสกลนคร ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าว กข. 6 ข้าวโกชิตการิ ข้าวปทุมธานี 1 ข้าวเหนียวสันป่าตอง 1 ข้าวเหนียวดำ ข้าวเหลืองประทิว 123 ข้าวสุพรรณบุรี 1 ข้าวสุพรรณบุรี 90 ข้าวสุพรรณบุรี 60 และข้าว กข. 8 โดยข้าวสกลนครมีค่ากิจกรรมจำเพาะสูงสุดคือ 32.9345 ยูนิต/มิลลิกรัม และสี่เสียดแก่นมีค่ากิจกรรมจำเพาะต่ำสุดคือ 2.0812 ยูนิต/มิลลิกรัม พีเอชที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาของโคโตซานสกัดจากต้นอ่อนพืช ทั้ง 32 ชนิด อยู่ในช่วง 3.5 - 6.0 และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาอยู่ในช่วง 40 - 60 โดยข้าวสกลนครที่มีค่ากิจกรรมจำเพาะสูงสุดมีพีเอชที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาเท่ากับ 5.5 และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาเท่ากับ 50 องศาเซลเซียส ดังตารางที่ 1

เมื่อเปรียบเทียบค่ากิจกรรมจำเพาะของโคโตซานที่ได้จากต้นอ่อนพืชกับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ พบว่า โคโตซานสกัดจากพืชไทยมีค่ากิจกรรมจำเพาะของโคโตซานสูงกว่าสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ เช่น โคโตซานสกัดจาก *Bacillus* sp. Strain KCTC 0377BP มีค่ากิจกรรมจำเพาะ 0.9010 ยูนิต/มิลลิกรัม (Yeon, et. al., 2004) จาก *Bacillus* sp. Strain CK4 มีค่ากิจกรรมจำเพาะ 0.8120 ยูนิต/มิลลิกรัม (Yoon, et. al., 2001) จาก *Paenibacillus fukuinensis* มีค่ากิจกรรมจำเพาะ 0.8647 ยูนิต/มิลลิกรัม (Fukuda, et. al., 2007)

ตารางที่ 1 ค่ากิจกรรม ปริมาณโปรตีน และค่ากิจกรรมจำเพาะ (SP)

ชื่อวิทยาศาสตร์และชื่อทั่วไป	อายุต้นอ่อน ที่มี (SP) สูง (สัปดาห์)	ค่ากิจกรรม จำเพาะ (ยูนิต/มิลลิกรัม)	พีเอช ที่เหมาะสม	อุณหภูมิ ที่เหมาะสม (องศาเซลเซียส)
Family Gramineae				
<i>Oryza sativa</i> L.				
ข้าว กข6	3	28.7636	3.5	45
ข้าว กข7	2	6.1141	4.5	50
ข้าว กข8	2	10.1082	4.0	55
ข้าวขาวดอกมะลิ 105	4	32.5523	5.0	45
ข้าวปทุมธานี 1	2	26.9636	6.0	55
ข้าวสุพรรณบุรี 1	4	18.5376	4.5	50
ข้าวสุพรรณบุรี 60	4	11.5142	5.0	45
ข้าวสุพรรณบุรี 90	4	18.2092	5.0	45
ข้าวสกลนคร	3	32.9345	5.5	50
ข้าวเหนียวสันป่าตอง 1	2	25.97685	6.0	60
ข้าวเหลืองประทิว 123	2	19.5260	5.5	45
ข้าวเหนียวดำ	2	21.2071	5.0	50
ข้าวโกชิอิการิ	2	28.2585	5.0	40
<i>Pennisetum americanum</i>				
หญ้าไชนุก KU01	2	8.1465	4.0	45
<i>Sorghum vulgare</i> Pers.				
ข้าวฟ่าง KU439	2	7.3365	4.0	50
ข้าวฟ่าง KU630	2	6.8331	4.5	40
ข้าวฟ่างเลี้ยงสัตว์ KD1	2	7.6312	4.0	40
<i>Triticumaestivum</i> L.				
ข้าวสาลี อินทรี 1	2	4.0564	5.0	45
ข้าวสาลี อินทรี 2	2	4.4403	5.5	40
<i>Zea mays</i>				
ข้าวโพดหวาน สุวรรณ 5	2	3.4923	5.0	50
ข้าวโพดหวาน อินทรี 2	2	7.8821	5.5	40
Family Leguminosae				
<i>Acacia catechu</i> Willd.				
สีเสียดแก่น	2	2.0812	4.0	45

ตารางที่ 1 ค่ากิจกรรม ปริมาณโปรตีน และค่ากิจกรรมจำเพาะ (ต่อ)

ชื่อวิทยาศาสตร์และชื่อทั่วไป	อายุต้นอ่อน ที่มี (SP) สูง (สัปดาห์)	ค่ากิจกรรม จำเพาะ (ยูนิต/มิลลิกรัม)	พีเอช ที่เหมาะสม	อุณหภูมิ ที่เหมาะสม (องศาเซลเซียส)
<i>Albizialebbeck</i> Benth. พฤษภ	2	2.8962	3.5	40
<i>Albiziaprocera</i> Benth. ถ่อน	2	7.5773	4.0	40
<i>Cassia surattensis</i> (Roxb) Burm. J. ทรงบาดาล	2	7.3450	4.5	45
<i>Dalbergiacochinchinensis</i> Pierre พยูง	2	6.5889	5.5	50
<i>Leucaenaleucocephala</i> de Wit กระถินบ้าน กระถินยักษ์	2 2	3.7028 2.6841	5.0 4.0	45 50
<i>Millertialeucantha</i> Kurz สาธ	2	3.6371	4.5	45
<i>Peltophorumdasyrrhachis</i> Kurz นนทรีทอง นนทรีป่า	2 2	2.8962 2.1469	4.5 3.5	40 50
<i>Samaneasaman</i> (Jacq) Marrill ก้ามปู	2	8.7864	3.5	50

จากการทดสอบการยับยั้งเชื้อรา 8 ชนิด คือ *Aspergillus oryzae*, *Fusarium moniliforme*, *Geotrichum candidum*, *Mucor rouxii*, *Penicillium mameffeii*, *Rhizopus oligosporus*, *Sporotrichum pulverulentum* และ *Trichoderma reesei* ด้วยเอนไซม์โคโตซานเนสจากต้นอ่อนพืช 32 ชนิด ที่ความเข้มข้น 5, 10 และ 15 ไมโครกรัม พบว่าโคโตซานเนสจากต้นอ่อนพืชแต่ละชนิดสามารถยับยั้งเชื้อราได้ไม่เหมือนกัน โดยต้นอ่อนพืชที่โคโตซานเนสมีค่ากิจกรรมจำเพาะสูงสามารถยับยั้งชนิดของเชื้อราได้ 7 ชนิดจากการทดสอบ 8 ชนิดคือ ข้าว กข6 ข้าว กข8 ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวปทุมธานี 1 ข้าวสุพรรณบุรี 1 ข้าวสุพรรณบุรี 60 ข้าวสุพรรณบุรี 90 ข้าวสกลนคร ข้าวเหนียวสันป่าตอง 1 ข้าวเหลืองประทิว 123 ข้าวเหนียวดำ และข้าวโกชิจากิ ความเข้มข้นของโคโตซานเนสที่สามารถยับยั้งเชื้อราอยู่ในช่วง 10-15 ไมโครกรัม โดยเชื้อราส่วนใหญ่ที่โคโตซานเนสสามารถยับยั้งได้ด้วย ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัม ดังตารางที่ 2 และภาพที่ 1

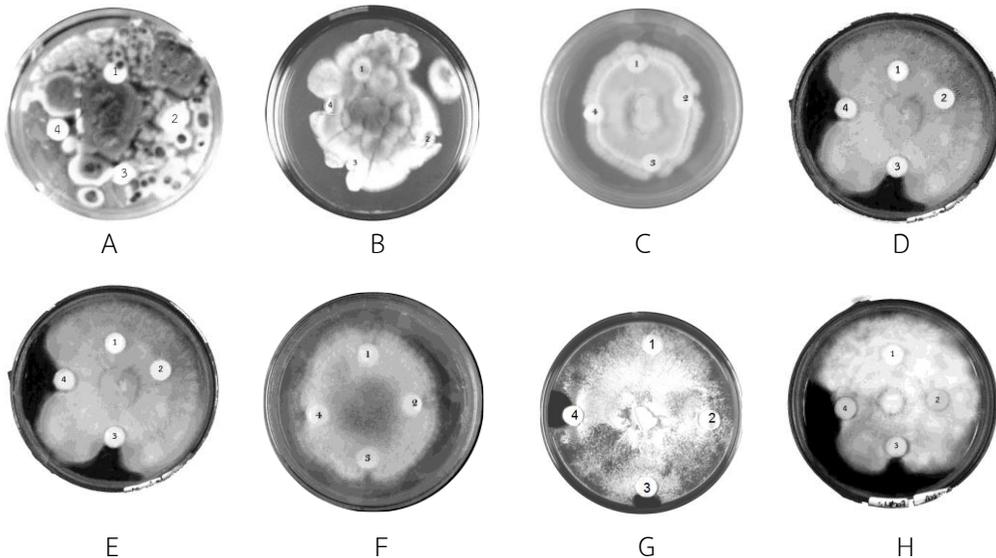
ตารางที่ 2 การยับยั้งเชื้อราของเอนไซม์โคโตซานจากพืชแต่ละชนิด

โคโตซานจากพืช	ชนิดเชื้อรา (ความเข้มข้นในการยับยั้ง; ไมโครกรัม)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ข้าว กข. 6	10 µg	10 µg	10µg	10 µg	10 µg	10 µg	10 µg	x
ข้าว กข. 7	x	10 µg	10µg	x	10 µg	10 µg	x	x
ข้าว กข. 8	10µg	10 µg	10µg	15 µg	10 µg	10 µg	x	10µg
ข้าวขาวดอกมะลิ 105	10 µg	10 µg	10µg	10 µg	10 µg	10 µg	10 µg	x
ข้าวปทุมธานี 1	10 µg	10 µg	10µg	10 µg	10 µg	10 µg	x	10 µg
ข้าวสุพรรณบุรี 1	10µg	10 µg	10µg	10 µg	15 µg	10 µg	x	10 µg
ข้าวสุพรรณบุรี 60	10 µg	10µg	10µg	15µg	15µg	10 µg	x	10µg
ข้าวสุพรรณบุรี 90	10 µg	10µg	10µg	10 µg	10 µg	10 µg	x	10µg
ข้าวสกลนคร	10 µg	10 µg	10µg	10 µg	10 µg	10 µg	10 µg	x
ข้าวเหนียวสันป่าตอง 1	10 µg	10 µg	10µg	10 µg	10 µg	10 µg	10 µg	x
ข้าวเหลืองประทิว 123	10 µg	10 µg	x	10 µg	10 µg	10 µg	10 µg	15 µg
ข้าวเหนียวดำ	10 µg	10 µg	10µg	10 µg	10 µg	10 µg	10 µg	x
ข้าวโกชิจิการิ	x	10 µg	10µg	10 µg	10 µg	10 µg	10 µg	15µg
หญ้าไ่มูก KU01	10 µg	x	x	x	10 µg	10 µg	x	15µg
ข้าวฟ่าง KU439	10 µg	x	x	x	10 µg	10 µg	x	15µg
ข้าวฟ่าง KU630	10 µg	x	x	x	10 µg	10 µg	x	15µg
ข้าวฟ่างเลี้ยงสัตว์ KD1	x	15 µg	15µg	10 µg	x	10 µg	x	x
ข้าวสาลี อินทรี 1	10 µg	x	x	x	10 µg	10 µg	x	10 µg
ข้าวสาลี อินทรี 2	15 µg	x	x	x	10 µg	10 µg	10 µg	x
ข้าวโพดหวาน สุวรรณ 5	x	15 µg	15 µg	x	x	10 µg	x	15 µg
ข้าวโพดหวาน อินทรี 2	x	15 µg	15 µg	x	x	10 µg	x	15 µg
สีเสียดแก่น	15 µg	15 µg	15 µg	10 µg	x	15 µg	x	x
พฤกษ์	15 µg	15 µg	15 µg	10 µg	x	15 µg	x	x
ถ่อน	x	15 µg	x	x	10 µg	15 µg	x	x
ทรงบาดาล	15 µg	x	x	10 µg	x	15 µg	x	x
พยุง	15 µg	x	15 µg	x	10 µg	15 µg	x	15 µg
กระถินบ้าน	15 µg	15 µg	10 µg	10 µg	10 µg	15 µg	x	x
กระถินยักษ์	15 µg	x	15 µg	10 µg	x	15 µg	15 µg	x

ตารางที่ 2 การยับยั้งเชื้อราของเอนไซม์โคโตซานจากพืชแต่ละชนิด (ต่อ)

โคโตซานจากพืช	ชนิดเชื้อรา (ความเข้มข้นในการยับยั้ง; ไมโครกรัม)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
สาธ	x	15 µg	x	15 µg	x	15 µg	x	15 µg
นนทรีทอง	x	15 µg	x	15 µg	x	15 µg	x	15 µg
นนทรีป่า	x	15 µg	x	15 µg	x	15 µg	x	15 µg
ก้ามปู	x	15 µg	10 µg	15 µg	15 µg	15 µg	15 µg	x

1 = *Aspergillus oryzae* 2 = *Fusarium moniliforme* 3 = *Geotrichum candidum*
 4 = *Mucor rouxii* 5 = *Penicillium marneffeii* 6 = *Rhizopus oligosporus*
 7 = *Sporotrichum pulverulentum* 8 = *Trichoderma reesei* x = ไม่ยับยั้ง



ภาพที่ 1 ตัวอย่างการยับยั้งเชื้อราทั้ง 8 ชนิดของเอนไซม์โคโตซานจากต้นอ่อนพืชบางชนิด โดย

A = *Aspergillus oryzae*, B = *Fusarium moniliforme*, C = *Geotrichum candidum*,
 D = *Mucor rouxii*, E = *Penicillium marneffeii*, F = *Rhizopus oligosporus*,
 G = *Sporotrichum pulverulentum* H = *Trichoderma reesei*

สรุป

การศึกษาเอนไซม์โคโตซานจากต้นอ่อนพืชจำนวน 32 ชนิดใน Family Gramineae 21 ตัวอย่าง และ Leguminosae 11 ตัวอย่าง พบโคโตซานจากต้นอ่อนพืชทั้ง 32 ตัวอย่าง มีค่ากิจกรรมจำเพาะสูงในช่วงอายุ 2 – 4 สัปดาห์ โดยมีค่ากิจกรรมจำเพาะอยู่ในช่วง 2.0812 - 32.9345 ยูนิต/มิลลิกรัม ต้นอ่อนพืชที่มีค่ากิจกรรมจำเพาะมากกว่า 10 ยูนิต/มิลลิกรัม มี 12 ชนิดเรียงจากมากไปน้อยคือข้าวสกลนคร ข้าวขาวดอก

มะลิ 105 ข้าว กข. 6 ข้าวโกซิชิการิ ข้าวปทุมธานี 1 ข้าวเหนียวสันป่าตอง 1 ข้าวเหนียวดำ ข้าวเหลืองประทิว 123 ข้าวสุพรรณบุรี 1 ข้าวสุพรรณบุรี 90 ข้าวสุพรรณบุรี 60 และข้าว กข. 8 ตามลำดับ โดยโคโตซานที่สกัดจากข้าวสกลนคร อายุ 2 สัปดาห์ มีค่ากิจกรรมจำเพาะสูงที่สุดคือเท่ากับ 32.9345 ยูนิต/มิลลิกรัม และสี่เสียด้านมีค่ากิจกรรมจำเพาะต่ำสุดคือ 2.0812 ยูนิต/มิลลิกรัม พีเอชที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาของโคโตซานของต้นอ่อนพืชทั้ง 32 ชนิด อยู่ในช่วง 3.5 - 6.0 และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาอยู่ในช่วง 40 - 60 องศาเซลเซียส

การยับยั้งเชื้อราของเอนไซม์โคโตซานจากต้นอ่อนพืชพบว่า ต้นอ่อนของพืชที่มีค่ากิจกรรมจำเพาะของโคโตซานสูงจะมีความสามารถในการยับยั้งชนิดของเชื้อราได้มากกว่า และใช้โคโตซานปริมาณน้อยกว่าในการยับยั้งเชื้อรา เช่น โคโตซานจากต้นอ่อนพืชที่มีค่ากิจกรรมจำเพาะสูงจำนวน 12 ชนิด คือ ข้าว กข6 ข้าว กข 8 ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวปทุมธานี 1 ข้าวสุพรรณบุรี 1 ข้าวสุพรรณบุรี 60 ข้าวสุพรรณบุรี 90 ข้าวสกลนคร ข้าวเหนียวสันป่าตอง 1 ข้าวเหลืองประทิว 123 ข้าวเหนียวดำ และข้าวโกซิชิการิ สามารถยับยั้งเชื้อราได้ 7 ชนิดจาก 8 ชนิด โดยเชื้อราส่วนใหญ่ที่โคโตซานสามารถยับยั้งได้ด้วยความเข้มข้น 10 ไมโครกรัม

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ตรวจหาเอนไซม์โคโตซานจากต้นอ่อนพืชไทย 32 ชนิด โดย 12 ชนิด มีค่ากิจกรรมจำเพาะสูง จึงควรนำไปทดสอบย่อยโคโตซานเป็นโคโตโอลิโกแซคคาไรด์ชนิดต่าง ๆ แล้วนำไปประยุกต์ใช้ในยับยั้งเชื้อรา การต้านอนุมูลอิสระต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์ของเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- Aam, B. B., Heggset, E. B., Norberg, A. L., Sorlie, M., Varum, K. M. & Eijsink, V.G.H. (2010). Production of Chitooligosaccharides and their Potential Applications in Medicine. **Marine Drugs**. 8(5): 1482-1517.
- Fukuda, T., Isogawa, D., Takagi, M., Kato-murai, M., Kimoto, H., Kusaoke, H., Ueda, M. & Suye, S. I. (2007). Yeast Cell-Surface Expression of Chitosanase from *Paenibacillus fukuinensis* **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**. 71(11): 2845-2847.
- Gomori, G. (1955). Preparation of Buffers for Use in Enzymes Studies. **Methodology Enzymology**. 1: 139-146.
- Hayes, M., Carney, B., Slater, J. & Bruck, W. (2008). Mining Marine Shellfish Wastes for Bioactive Molecules: Chitin and Chitosan; Part A: Extraction Methods. **Biotechnology Journal**. 3(7), 871-877.
- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., & Randall, R. J. (1951). Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent. **Journal of Biological Chemistry**. 193: 265-275.

- Pillai, C. K. S., Paul, W. & Sharma, C. P. (2009). Chitin and Chitosan Polymers: Chemistry, Solubility and Fiber Formation. **Progress in Polymer Science**. 4(2): 641-678.
- Tolaimate, A., Desbrieres, J., Rhazi, M. & Alagui, A. (2003). Contribution to the Preparation of Chitins and Chitosan with Controlled Physic-chemical Properties. **Polymer**. 44(26): 7939- 7952.
- Yeon, J. C., Eun, J. K., Zhe, P., Young, C. Y., & Yong, C.S. (2004). Purification and Characterization of Chitosanase from *Bacillus* sp. Strain KCTC 0377BP and Its Application for the Production of Chitosan Oligosaccharides. **Applied and Environmental Microbiology**. 70(8): 439-446.
- Yoon, H. G., Kim, H. Y., Kim, H. K., & Hong, B. S. (2001). Thermostable Chitosanase from *Bacillus* sp. Strain CK4: Its Purification, Characterization, and Reaction Patterns. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**. 65(4): 802-809.

การวิเคราะห์ข้อมูลผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตจากอุบัติเหตุในช่วงเทศกาลสงกรานต์ โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล

วิไลลักษณ์ ตรีพีช^{1*}

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตจากอุบัติเหตุในช่วงเทศกาลสงกรานต์โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล โดยใช้ข้อมูลผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตในเทศกาลสงกรานต์ ประจำปี 2551 - 2557 จำแนกตามโรงพยาบาลทั่วประเทศ จากเว็บไซต์ data.go.th ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการเตรียมข้อมูลให้เหมาะสมสำหรับการจำแนกข้อมูลโดยตัดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องออกไปและปรับให้จำนวนข้อมูลของคำตอบหรือผลลัพธ์มีสัดส่วนใกล้เคียงกัน จากนั้นทำการจำแนกข้อมูลโดยกำหนดให้แอททริบิวต์ผลการรักษาเป็นคำตอบที่ต้องการพยากรณ์ สำหรับอัลกอริทึมที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในการสร้างโมเดล ได้แก่ Naive Bayes, Generalized Linear Model (GLM), Logistic Regression, Decision Tree, Random Forest, และ Gradient Boosted Trees (XGBoost) ซึ่งผลการวิจัยพบว่า แอททริบิวต์ที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุดคือ เพศชายมีความสัมพันธ์กับการดื่มสุรา และพบว่าการไม่ใส่หมวกกันน็อคมีความสำคัญสูงที่สุดในการจำแนกข้อมูล สำหรับประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่ใช้ในการสร้างโมเดล พบว่า Naive Bayes มีประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยเมื่อพิจารณาจากค่าความถูกต้อง มีค่าถึง 77.4% นอกจากนี้ยังพบว่าอุบัติเหตุส่วนใหญ่มักเกิดบนถนนชนบท ผู้ขับขี่เป็นเพศชาย ซึ่งไม่ใส่หมวกกันน็อค ไม่มีคู่มือ/ล้มเอง มักเกิดเหตุในวันที่ 13 เมษายน สำหรับมาตรการที่จะป้องกันการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุควรมุ่งเป้าไปที่การรณรงค์ให้ใส่หมวกกันน็อค โดยเน้นบริเวณถนนทางหลวงและถนนในเมือง เนื่องจากหากไม่ใส่หมวกกันน็อคแล้วเกิดอุบัติเหตุบนถนนทางหลวงหรือถนนในเมือง ผลการวิจัยผู้ขับขี่มีโอกาสเสียชีวิตสูง

คำสำคัญ : การทำเหมืองข้อมูล การจำแนกข้อมูล เทศกาลสงกรานต์ ผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต

¹ วิทยาลัยนวัตกรรมการดิจิทัลและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยรังสิต จังหวัดปทุมธานี

* ผู้นิพนธ์หลัก e-mail : wilailak.t@rsu.ac.th

THE ANALYSIS OF INJURED AND DEAD PEOPLE DATA FROM ACCIDENT IN SONGKRAN FESTIVAL BY USING DATA MINING TECHNIQUES

Wilailak Treepuech^{1*}

Abstract

The objectives of this research is to analysis of injured and dead people data from accident in Songkran Festival by using data mining techniques. The injured and dead people data in Songkran festival from 2008 to 2014 is classified by hospital from data.go.th is used in this research. The researcher prepared the data for classification by eliminating the unrelated data and adjusting the number of answer or result to be similarly proportional. The classification of data use the treatment results attribute is set as the desired answer. The algorithms used for create the model were Naive Bayes, Generalized Linear Model (GLM), Logistic Regression, Decision Tree, Random Forest, and Gradient Boosted Trees (XGBoost). The results showed that the most relevant attributes are male have a relationship with drinking alcohol and It was found that not wearing a helmet is the highest importance in classification. For the efficiency of the algorithms used to create model, Naive Bayes has the highest efficiency when considering on the accuracy, it has 77.4% of accuracy. Moreover, it is also found that most accidents occur on rural roads, the driver is male, not wear helmet, no parties/fall down by themselves, and usually occurs on day 13 of April. Measures to prevent death from accident should be aimed at wearing a helmet, emphasize the area at highways and city streets. Due to, if not wear a helmet, then an accident occurs on highways or city streets, based on the research results, the driver has a high probability of death.

Keywords : Data Mining, Classification, Songkran Festival, Injured and Dead People

¹College of Digital Innovation and Information Technology, Rangsit University,

* Corresponding author, e-mail: wilailak.t@rsu.ac.th

บทนำ

อุบัติเหตุบนท้องถนน เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีผู้เสียชีวิตจำนวนมาก และเป็นปัญหาหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งอุบัติเหตุบนท้องถนนก่อให้เกิดความสูญเสียกับประเทศไทยมากถึงกว่า 200,000 ล้านบาทต่อปี และมีผู้เสียชีวิตมากกว่า 11,000 คน นอกจากนี้ยังมีผู้บาดเจ็บและพิการอีกเป็นจำนวนมาก ซึ่งถือว่าเป็นความสูญเสียกับประเทศไทยเป็นอย่างมาก (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย, 2554) ซึ่งหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องให้ความสนใจและพยายามที่จะลดอุบัติเหตุบนท้องถนนให้น้อยลง โดยเฉพาะในช่วงเทศกาลปีใหม่และเทศกาลสงกรานต์ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนเป็นจำนวนมากและส่งผลให้มีผู้เสียชีวิตเป็นจำนวนมากด้วยเช่นกัน เนื่องจากเป็นช่วงวันหยุดยาว ประชาชนส่วนใหญ่เดินทางไปต่างจังหวัดเป็นจำนวนมาก โดยวัตถุประสงค์ในการเดินทางหลักๆ คือ ไปเที่ยวพักผ่อนกับครอบครัว และเดินทางกลับบ้านที่ต่างจังหวัด ทำให้มีปริมาณรถยนต์บนท้องถนนเป็นจำนวนมาก ผู้ขับซึ่งบางส่วนพักผ่อนไม่เพียงพอ เมื่อต้องเดินทางในระยะทางที่ไกลอาจส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่ายขึ้น นอกจากการเดินทางดังกล่าวแล้ว ในช่วงเทศกาลจะมีการเลี้ยงสังสรรค์กัน ไม่ว่าจะเป็นภายในครอบครัวหรือระหว่างเพื่อนฝูง ซึ่งมักจะมีการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ด้วย ดังนั้นเมื่อมีการเดินทางเกิดขึ้นแม้ไม่ได้เป็นการเดินทางไกล ก็มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนได้ โดยเฉพาะผู้ขับซึ่งรถจักรยานยนต์ ทำให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องเรียกช่วงเทศกาลปีใหม่และเทศกาลสงกรานต์ว่า ช่วง 7 วันอันตราย โดยสรุปสถิติอุบัติเหตุตั้งแต่วันที่ 11- 17 เมษายน 2561 ซึ่งเป็นช่วงเทศกาลสงกรานต์ เกิดอุบัติเหตุรวม 3,724 ครั้ง เสียชีวิต 418 คน บาดเจ็บ 3,897 คน ซึ่งมีจำนวนผู้เสียชีวิตสูงชันมากกว่าปี 2560 โดยสาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุสูงสุด คือ ดื่มแล้วขับ ร้อยละ 40.28 ส่วนยานพาหนะที่เกิดอุบัติเหตุสูงสุด มาจากรถจักรยานยนต์ ร้อยละ 79.85 (ชาวไทยพีบีเอส, 2561) ส่วนเทศกาลปีใหม่ในปี 2561 นั้นมีจำนวนผู้เสียชีวิตน้อยกว่าในปี 2560 (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย, รายงานผู้เสียชีวิต 7 วันอันตราย เทศกาลปีใหม่, 2561)

จากรายงานผู้เสียชีวิต 7 วันอันตราย เทศกาลสงกรานต์ (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย, รายงานผู้เสียชีวิต 7 วันอันตราย เทศกาลสงกรานต์, 2561) มีการสรุปข้อมูลในรูปแบบของแผนภูมิวงกลมและกราฟเส้น ซึ่งแสดงข้อมูลสรุปเบื้องต้น ได้แก่ การเสียชีวิตจำแนกตามเพศ การเสียชีวิตจำแนกตามวัน การเสียชีวิตจำแนกตามเวลา การเสียชีวิตจำแนกตามอายุ จำนวนผู้เสียชีวิตเปรียบเทียบระหว่างปี 2560 และปี 2561 ซึ่งการสรุปข้อมูลในลักษณะนี้ จะสามารถวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำมาสู่การกำหนดมาตรการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุได้เพียงระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตามผู้วิจัยพบว่า สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติได้มีการเผยแพร่ข้อมูลผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตในเทศกาลสงกรานต์ประจำปี 2551 - 2557 จำแนกตามโรงพยาบาลทั่วประเทศ ผ่านเว็บไซต์ data.go.th โดยสำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (องค์การมหาชน) (สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ, 2558) ซึ่งเป็นข้อมูลแบบมีโครงสร้าง (Structured Data) ในรูปแบบที่ผู้วิจัยสามารถนำมาวิเคราะห์ข้อมูลได้ง่าย โดยผู้วิจัยจะใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) ซึ่งสามารถใช้ในการจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) ได้ โดยการจำแนกประเภทข้อมูลเป็นการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) โดยนำข้อมูลที่มีในอดีตมาวิเคราะห์โดยและสร้างโมเดล (Model) เพื่อทำนายอนาคต นอกจากนั้นเทคนิคการทำเหมืองข้อมูลยังสามารถใช้ในการวิเคราะห์เพื่อการหาความสัมพันธ์ (Association) โดยหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกิดขึ้นร่วมกันบ่อยๆ นอกจากนั้นยังสามารถใช้ในการวิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่มข้อมูล (Clustering) ซึ่งจะวิเคราะห์ข้อมูลที่มึลักษณะคล้ายๆ กันเพื่อทำการแบ่งเป็นกลุ่มได้ (เอกสิทธิ์ พัทธวงศ์ศักดิ์, 2560)

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะนำข้อมูลผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตในเทศกาลสงกรานต์ประจำปี 2551 - 2557 จำแนกตามโรงพยาบาลทั่วประเทศ มาทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล เพื่อจำแนกประเภทข้อมูลและหาโมเดลที่สามารถวิเคราะห์ตัวแปรที่เกี่ยวข้องของอุบัติเหตุซึ่งนำมาสู่การเสียชีวิตได้ ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าผลการวิจัยจะเป็นประโยชน์กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง สามารถนำไปใช้ในการกำหนดนโยบายหรือมาตรการในการควบคุมอุบัติเหตุและลดจำนวนผู้เสียชีวิตในเทศกาลสงกรานต์ได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตจากอุบัติเหตุในช่วงเทศกาลสงกรานต์โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขอบเขตของการวิจัย

1.1 ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตในเทศกาลสงกรานต์ประจำปี 2551 - 2557 จำแนกตามโรงพยาบาลทั่วประเทศ

1.2 ผู้วิจัยเลือกใช้ซอฟต์แวร์ Rapid Miner มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้อัลกอริทึม (Algorithm) ได้แก่ Naive Bayes, Generalized Linear Model (GLM), Logistic Regression, Decision Tree, Random Forest, และ Gradient Boosted Trees (XGBoost) มาใช้ในการสร้างโมเดลเพื่อใช้ในการจำแนกประเภทข้อมูล

2. ขั้นตอนการวิจัย

2.1 การเตรียมข้อมูล (Data Preparation) ผู้วิจัยนำข้อมูลผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตในเทศกาลสงกรานต์ประจำปี 2551 - 2557 จำแนกตามโรงพยาบาลทั่วประเทศ ที่ดาวน์โหลดมาจากเว็บไซต์ data.go.th มาปรับเปลี่ยนข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม โดยข้อมูลที่ได้นั้นมีข้อมูลทั้งหมด 202,299 รายการ ประกอบด้วย 19 แอททริบิวท์ (Attribute) ได้แก่ ชื่อเทศกาล รหัสจังหวัด จังหวัด รหัส รพ. ชื่อโรงพยาบาลที่รับผู้บาดเจ็บ วันที่เกิดเหตุ เวลาเกิดเหตุ เพศ อายุ ถนนที่เกิดเหตุ สถานะ รถผู้บาดเจ็บ รถคู่กรณี มาตรการ การดื่มสุรา การนำส่ง Refer-Admit ผลการรักษา และจำนวนวันรักษา ซึ่งมีแอททริบิวท์ที่ไม่มีความสำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูลอยู่หลายแอททริบิวท์ และข้อมูลบางรายการอาจจะผิดพลาดรวมไปถึงเป็นข้อมูลที่ผู้วิจัยพิจารณาแล้วว่าไม่เกี่ยวข้องกับการวิจัย โดยดำเนินการกับข้อมูล ดังนี้

2.1.1 ผู้วิจัยลบบางแอททริบิวท์ที่ไม่มีความสำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ชื่อเทศกาล รหัสจังหวัด รหัส รพ. ชื่อโรงพยาบาล จำนวนวันรักษา การนำส่ง และ Refer-Admit

2.1.2 ทำการลบข้อมูลที่ไม่ชัดเจนทั้ง ได้แก่ ไม่ทราบเวลาเกิดเหตุ อายุ 0 ปี เนื่องจากมีข้อมูลที่ขัดแย้งเช่น อายุ 0 ปี แต่เป็นผู้ขับขี่ อายุ 1 ปี ข้อมูลเป็นผู้ขับขี่ ไม่ทราบถนนที่เกิดเหตุ ไม่ทราบสถานะผู้โดยสาร ไม่ทราบรถผู้บาดเจ็บ ไม่ทราบรถคู่กรณี ไม่ทราบมาตรการ และไม่ทราบว่าดื่มสุรา

2.1.3 เลือกข้อมูลเฉพาะข้อมูลที่น่าสนใจที่จะนำไปวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ รถผู้บาดเจ็บ เป็นรถจักรยานยนต์ เท่านั้น เนื่องจากข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุส่วนใหญ่ และผู้ขับขี่เสียชีวิตประมาณ 90% เป็นรถจักรยานยนต์ เลือกสถานะเป็นผู้ขับขี่เท่านั้น เนื่องจากข้อมูลผู้เสียชีวิตส่วนใหญ่เป็นผู้ขับขี่ ซึ่งเมื่อเลือกข้อมูลของแอททริบิวท์นี้เฉพาะข้อมูลที่น่าสนใจ จึงทำให้ข้อมูลในแอททริบิวท์ดังกล่าวมีเพียงรูปแบบเดียว ผู้วิจัยจึงทำการลบแอททริบิวท์ รถผู้บาดเจ็บและสถานะ ออกไป

2.1.4 รวมกลุ่มของข้อมูลในแอททริบิวต์ ผลการรักษา เนื่องจากปกติแล้ว จะมีข้อมูลในแอททริบิวต์นี้หลากหลาย ได้แก่ ตายในตึกภายใน 24 ชม. หลังเหตุ ตายในตึกหลัง 24 ชม. - 30 วัน ตายที่เกิดเหตุ ตายที่ห้องฉุกเฉิน ตายระหว่างนำส่ง ตายระหว่างส่งต่อ ทูเลา/หาย ซึ่งผู้วิจัยจะรวบรวมกลุ่มของการตายในรูปแบบต่างๆ ให้เหลือ ตาย เพียงอย่างเดียว

2.1.5 ทำให้ข้อมูลในแอททริบิวต์ ผลการรักษา มีความใกล้เคียงกัน เนื่องจากข้อมูลทั้งหมดมีข้อมูลผลการรักษา ส่วนใหญ่ คือ ตาย ซึ่งแอททริบิวต์ ผลการรักษา เป็นแอททริบิวต์ที่ผู้วิจัยต้องการใช้ในการทำนาย หากมีจำนวนข้อมูลที่แตกต่างกันมากจนเกินไป คือข้อมูลไม่สอดคล้องกันระหว่าง ตาย กับ ทูเลา/หาย จะส่งผลให้การจำแนกประเภทข้อมูลไม่มีประสิทธิภาพ จึงควรมีกระบวนการที่จะทำให้ข้อมูลเกิดความสอดคล้องกัน (Chawla, 2005) (จรัสศรี รุ่งรัตนอุบล, อนามัย นาอุดม, และ ดารณี สุวพันธ์, 2555) โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการกับข้อมูลตามลำดับคือ เลือกข้อมูลเฉพาะรายการที่ ผลการรักษา คือ ตาย จากนั้นเลือกข้อมูลที่ละจังหวัด แล้วนับจำนวนรายการ จากนั้นสุ่มเลือกข้อมูลจากจังหวัดนั้น ที่ผลการรักษา คือ ทูเลา/หาย ตามจำนวนรายการ จากขั้นตอนแรก โดยพยายามสุ่มเลือกจากรายการที่มีการดื่มสุรา ครั้งหนึ่ง แต่ไม่ดื่มสุรา ครั้งหนึ่ง ซึ่งจะทำให้ข้อมูลในแอททริบิวต์ ผลการรักษา มีความสอดคล้องกัน

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยซึ่งมีแอททริบิวต์ทั้งหมด 10 แอททริบิวต์ ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วจะข้อมูลในแอททริบิวต์มีรูปแบบเป็นแบบประเภท (Category) มีเพียงแอททริบิวต์อายุเท่านั้นที่มีรูปแบบเป็นตัวเลข (Number) ส่วนแอททริบิวต์ที่มีความหลากหลายของข้อมูลซึ่งอาจจะไม่ส่งผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูล คือ แอททริบิวต์จังหวัด แต่ผู้วิจัยยังเห็นว่าแอททริบิวต์นี้อาจจะมีความเกี่ยวข้องในการวิเคราะห์ข้อมูลจึงไม่ได้ตัดทิ้งไป โดยตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์ข้อมูลนำเสนอตารางที่ 1 ซึ่งผู้วิจัยตั้งใจที่จะใช้แอททริบิวต์ ผลการรักษา เป็นข้อมูลหลักที่ต้องการพยากรณ์ (Predict) โดยข้อมูลทั้งหมดหลังจากขั้นตอนการเตรียมข้อมูลแล้วมีข้อมูลเหลือทั้งสิ้น 1,566 รายการ

ตารางที่ 1 ตารางแสดงตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ลำดับ	แอททริบิวต์	ข้อมูลในแอททริบิวต์	จำนวนรูปแบบข้อมูลในแอททริบิวต์
1	จังหวัด	จังหวัดในประเทศไทย 77 จังหวัด	77
2	วันที่เกิดเหตุ	วันที่ 10 ถึงวันที่ 18	9
3	เวลาเกิดเหตุ	ตลอดทั้งวันเป็นช่วงละ 1 ชั่วโมง	24
4	เพศ	เพศชายและเพศหญิง	2
5	อายุ	ตั้งแต่ช่วง 10 ปี ถึง 88 ปี	ข้อมูลแบบตัวเลขในช่วงที่กำหนด
6	ถนนที่เกิดเหตุ	ในเมือง, ขนบต, ทางหลวง	3
7	รถคู่กรณี	ไม่มี/ล้มเอง, จักรยานยนต์, ปิคอัพ, รถเก๋ง/แท็กซี่, รถโดยสาร 4 ล้อ, รถโดยสารใหญ่, รถจักรยาน, รถตู้, รถบรรทุก, สามล้อเครื่อง, สามล้อถีบ, อื่นๆ	12

ตารางที่ 1 ตารางแสดงตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย (ต่อ)

ลำดับ	แอททริบิวต์	ข้อมูลในแอททริบิวต์	จำนวนรูปแบบข้อมูล ในแอททริบิวต์
8	มาตรการ	ใส่หมวกกันน็อค, ไม่ใส่หมวกกันน็อค	2
9	การดื่มสุรา	ดื่มสุรา, ไม่ดื่มสุรา	2
10	ผลการรักษา	ทุเลา/หาย, ตาย	2

2.2 การจำแนกข้อมูล ผู้วิจัยใช้ RapidMiner Studio Educational 9 เป็นซอฟต์แวร์ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยเลือกข้อมูลผ่านขั้นตอนการเตรียมข้อมูลแล้วมาใช้ โดยเลือกแอททริบิวต์ ผลการรักษา เป็นแอททริบิวต์ที่ต้องการพยากรณ์ จากนั้นเลือกแอททริบิวต์ที่เหลืออีก 9 แอททริบิวต์ เป็นข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งสิ่งที่ผู้วิจัยต้องการให้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น คือ ความสัมพันธ์ระหว่างแอททริบิวต์และความสำคัญของแต่ละแอททริบิวต์ สำหรับอัลกอริทึมที่ผู้วิจัยใช้ในการสร้างโมเดลเพื่อพยากรณ์ ได้แก่ Naive Bayes, Generalized Linear Model (GLM), Logistic Regression, Decision Tree, Random Forest, และ Gradient Boosted Trees (XGBoost) ซึ่งผู้วิจัยจะเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลที่สร้างขึ้นจากอัลกอริทึมต่างๆ โดยใช้ค่าความถูกต้อง (Accuracy) เป็นหลัก ส่วนค่าอื่นๆ เช่น ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าความระลึก (Recall) และค่าความเหวี่ยง (F-Measure) โดยแต่ละค่าสามารถอธิบายถึงประสิทธิภาพของแต่ละอัลกอริทึมในมุมมองที่ต่างกัน (ภรณ์ยา ปาลวิสุทธิ และ มงคล รอดจันทร์, 2561) ซึ่งผู้วิจัยจะนำมาใช้เพื่อพิจารณาด้วย จากนั้นจึงค่อยๆ พิจารณาว่าโมเดลที่แต่ละอัลกอริทึมสร้างมานั้นสามารถจำแนกข้อมูลหรืออธิบายอะไรเกี่ยวกับการพยากรณ์ผลการรักษาได้บ้าง

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิจัย ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างแอททริบิวต์ จากผลการวิจัยพบว่าแอททริบิวต์ที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุดคือ เพศชายมีความสัมพันธ์กับการดื่มสุรา สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างแอททริบิวต์อื่นๆ ที่น่าสนใจแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแอททริบิวต์

ลำดับ	แอททริบิวต์ที่สัมพันธ์กัน	ค่าความสัมพันธ์
1	เพศชายกับการดื่มสุรา	0.406
2	การไม่ใส่หมวกกันน็อคกับการดื่มสุรา	0.116
3	วันเกิดเหตุวันที่ 13 กับการดื่มสุรา	0.108
4	ถนนที่เกิดเหตุเป็นถนนชนบทกับการดื่มสุรา	0.090
5	ถนนที่เกิดเหตุเป็นถนนชนบทกับผลการรักษาที่ทุเลา/หาย	0.083
6	การไม่ใส่หมวกกันน็อคกับเพศชาย	0.059
7	ถนนที่เกิดเหตุเป็นถนนชนบทกับการไม่ใส่หมวกกันน็อค	0.057

2. ความสำคัญของแต่ละแอททริบิวต์ที่มีผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูล จากผลการวิจัยพบว่าการไม่ใส่หมวกกันน็อคมีความสำคัญสูงสุด สำหรับความสำคัญของแต่ละแอททริบิวต์ที่มีผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูล แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางแสดงความสำคัญของแต่ละแอททริบิวต์ที่มีผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูล

ลำดับ	แอททริบิวต์	ค่าน้ำหนัก
1	การไม่ใส่หมวกกันน็อค	1
2	ถนนที่เกิดเหตุเป็นทางหลวง	0.347
3	อายุ	0.325
4	การดื่มสุรา	0.296
5	เพศชาย	0.295

3. อัลกอริทึมที่ใช้ในการสร้างโมเดลเพื่อพยากรณ์ จากผลการวิจัยพบว่า Naive Bayes มีความถูกต้องสูงกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ โดยมีค่าความถูกต้องเท่ากับ 77.4% ส่วนอัลกอริทึมอื่นๆ จะมีค่าความถูกต้องตั้งแต่ 70% ถึง 75% นอกจากนี้ อัลกอริทึม Naive Bayes สามารถให้ค่าความแม่นยำและค่าความเหวี่ยงได้สูงที่สุดเช่นกัน ยกเว้นค่าความระลึกลับที่อัลกอริทึม Decision Tree สามารถให้ค่าได้สูงที่สุด สำหรับโมเดลที่ Naive Bayes สร้างขึ้นนั้นสามารถพยากรณ์ผลการรักษาตามแอททริบิวต์ได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตารางแสดงข้อมูลของโมเดลที่ได้จากอัลกอริทึม Naive Bayes

แอททริบิวต์	รายละเอียด
การดื่มสุรา	1) กรณีดื่มสุรามีโอกาสที่ผลการรักษาจะเป็นตายมากกว่าทุเลา/หาย 2) กรณีไม่ดื่มสุรามีโอกาสที่ผลการรักษาจะเป็นทุเลา/หายมากกว่าตาย
ถนนที่เกิดเหตุ	1) กรณีเป็นถนนชนบทโอกาสที่ผลการรักษาจะเป็นทุเลา/หายมากกว่าตาย 2) กรณีเป็นถนนทางหลวงโอกาสที่ผลการรักษาจะเป็นตายมากกว่าทุเลา/หาย 3) กรณีเป็นถนนในเมืองโอกาสที่ผลการรักษาจะเป็นตายมากกว่าทุเลา/หาย
มาตรการ	1) กรณีใส่หมวกกันน็อคโอกาสที่ผลการรักษาจะเป็นทุเลา/หายมากกว่าตายอย่างชัดเจน 2) กรณีไม่ใส่หมวกกันน็อคโอกาสที่ผลการรักษาจะเป็นตายมากกว่าทุเลา/หายอย่างชัดเจน
รถคู่กรณี	1) กรณีเป็นรถปิคอัพโอกาสที่ผลการรักษาจะเป็นตายมากกว่าทุเลา/หาย 2) กรณีไม่มีคู่กรณีหรือล้มเองโอกาสที่ผลการรักษาจะเป็นทุเลา/หายมากกว่าตาย 3) กรณีอื่นๆ ผลการรักษาค่อนข้างใกล้เคียงกัน
จังหวัด	1) ทุกกรณีผลการรักษาค่อนข้างใกล้เคียงกัน
วันที่เกิดเหตุ	1) ทุกกรณีผลการรักษาค่อนข้างใกล้เคียงกัน
เพศ	1) ทุกกรณีผลการรักษาค่อนข้างใกล้เคียงกัน
อายุ	1) ช่วงอายุต่ำกว่า 40 ปี โอกาสที่ผลการรักษาจะเป็นทุเลา/หายมากกว่าตาย 2) ช่วงอายุมากกว่าหรือเท่ากับ 40 ปี โอกาสที่ผลการรักษาจะเป็นตายมากกว่าทุเลา/หาย

นอกจากข้อมูลจากตารางที่ 4 ผู้วิจัยยังมีผลการวิจัยอื่นๆ ที่เห็นได้ชัดเจน จากโมเดลที่ Naive Bayes สร้างขึ้น เช่น อุบัติเหตุส่วนใหญ่มักเกิดบนถนนชนบท ผู้ขับขี่เป็นเพศชาย ซึ่งไม่ใช่หมวกกันน็อค ไม่มีคู่มือ/สัมภาระ มักเกิดเหตุในวันที่ 13 สำหรับโมเดลจากอัลกอริทึมอื่นๆ มีผลการวิจัยอย่างหนึ่งที่ชัดเจนและตรงกัน คือ มาตรการในการใส่หมวกกันน็อคหรือไม่ใส่หมวกกันน็อค เป็นแอททริบิวต์ที่สำคัญในการพิจารณาว่า ผลการรักษาจะเป็นอย่างไร กล่าวคือหากไม่ใส่หมวกกันน็อคผลการรักษาจะเป็นตายมากกว่าทุเลา/หายอย่างชัดเจน

สรุปผลและอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตจากอุบัติเหตุในช่วงเทศกาลสงกรานต์โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล พบว่าหลายแอททริบิวต์มีความสัมพันธ์กับการดื่มสุรา เช่น เพศชาย การไม่ใส่หมวกกันน็อค วันเกิดเหตุวันที่ 13 ถนนที่เกิดเหตุเป็นถนนชนบท ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าว จึงควรมีมาตรการเกี่ยวกับการเฝ้าระวังหรือรณรงค์ไม่ให้ดื่มสุราแล้วขับขี่รถจักรยานยนต์ โดยเฉพาะในช่วงวันที่ 12 ถึงวันที่ 14 และเน้นในบริเวณถนนชนบทเป็นหลัก เพราะจากผลการวิจัยจะช่วยลดอุบัติเหตุได้ แต่อย่างไรก็ตามการเกิดเหตุในถนนชนบทส่วนใหญ่จะผู้ขับขี่ที่ไม่มีคู่มือ/สัมภาระ ซึ่งอาจเป็นเพราะการดื่มสุรา แต่ผู้ขับขี่ที่ดื่มสุรามักไม่ใส่หมวกกันน็อคซึ่งหากเกิดอุบัติเหตุอาจทำให้บาดเจ็บรุนแรงได้ สำหรับมาตรการที่จะป้องกันการเสียชีวิตควรมุ่งเป้าไปที่การรณรงค์ให้ใส่หมวกกันน็อค โดยเน้นบริเวณถนนทางหลวงและถนนในเมือง เนื่องจากหากไม่ใส่หมวกกันน็อคแล้วเกิดอุบัติเหตุบนถนนทางหลวงและถนนในเมือง จากผลการวิจัยผู้ขับขี่มีโอกาสเสียชีวิตสูง

สำหรับอัลกอริทึมที่ใช้ในการสร้างโมเดลเพื่อพยากรณ์ ซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่มักใช้อัลกอริทึม Decision Tree เป็นหลัก (ภรณ์ยา ปาลวิสุทธิ และ มงคล รอดจันทร์, 2561) (สุนิดา ศรีสุริยชัย, 2550) แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (จรัสศรี รุ่งรัตนอุบล, อนามัย นาอุดม, และ ดารณี สุวพันธ์, 2555) (สุนิดา ศรีสุริยชัย, 2550) ได้เสนอว่าควรนำอัลกอริทึม Naive Bayes มาทำการทดลองด้วย ซึ่งจากผลการวิจัยนี้พบว่า Naive Bayes มีค่าความถูกต้องสูงกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ซึ่งแตกต่างกับงานวิจัย (ภัทริรา สุวรรณโค, นิชาชล จำนงศรี, และ จิตมินต์ อังสกุล, 2560) ที่ Naive Bayes มีประสิทธิภาพต่ำสุด ซึ่งนักวิจัยได้อธิบายว่า Naive Bayes เหมาะกับการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีปริมาณไม่มาก และเหมาะกับข้อมูลที่มีตัวแปรไม่มาก แต่มีข้อดีคือสามารถใช้กับตัวแปรได้ทุกชนิด โดยข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยดังกล่าวมีลักษณะไม่ตรงกับความต้องการของ Naive Bayes ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยนี้ที่ข้อมูลมีลักษณะตรงกับความต้องการของ Naive Bayes มากกว่า นอกจากนี้ Naive Bayes มีกระบวนการเรียนรู้จากข้อมูลที่มีอยู่แล้วนำมาสร้างเงื่อนไขในการจำแนกข้อมูลด้วยทฤษฎีความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไข ซึ่งข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้มีลักษณะที่มีเงื่อนไขต่อเนื่องกัน เช่น ผู้ขับขี่เพศชายมักดื่มสุรา เมื่อดื่มสุรามักไม่ใส่หมวกกันน็อค จึงทำให้ในงานวิจัยนี้ Naive Bayes สามารถสร้างโมเดลที่มีค่าความถูกต้องสูงที่สุดได้

ข้อเสนอแนะ

1. ในการสร้างโมเดลเพื่อพยากรณ์ค่าตอบหรือผลลัพธ์นั้น ปัจจัยที่มีความสำคัญซึ่งต้องคำนึงถึง คือจำนวนข้อมูลของค่าตอบหรือผลลัพธ์ต้องมีสัดส่วนใกล้เคียงกัน เพราะหากมีจำนวนข้อมูลแตกต่างกันมากจะทำให้โมเดลไม่สามารถพยากรณ์ค่าตอบหรือผลลัพธ์ได้มีประสิทธิภาพ

2. การวิจัยในครั้งนี้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตในเทศกาลสงกรานต์เท่านั้น ดังนั้นหากนำข้อมูลผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตในเทศกาลปีใหม่มาวิเคราะห์ด้วย น่าจะทำให้พบความเหมือนหรือความแตกต่างเกี่ยวกับการเกิดอุบัติเหตุในช่วงเทศกาลของประเทศไทย

3. เนื่องจากข้อมูลของผู้ขับขี่ในการวิจัยครั้งนี้สนใจเฉพาะผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์เท่านั้น หากในอนาคตมีข้อมูลผู้ขับขี่พาหนะประเภทอื่นๆ จำนวนมากพอ สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อพยากรณ์ผลการรักษาได้ ซึ่งอาจพบข้อมูลที่น่าสนใจและนำไปใช้ในการกำหนดมาตรการป้องกันและลดอุบัติเหตุสำหรับพาหนะประเภทอื่นๆ ได้

เอกสารอ้างอิง

- Chawla, N. V. (2005). *Data Mining for Imbalanced Datasets: An Overview*. *Data Mining and Knowledge Discovery Handbook*. Springer Science+Business Media.
- เอกสิทธิ์ พัชรวงศ์ศักดิ์. (2560). *สไลด์การบรรยายเรื่อง Introduction to Data Mining and Big Data Analytics*. Retrieved from Data Mining Trend: <http://dataminingtrend.com/2014/>
- กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย. (2554). *แผนที่นำทางเชิงกลยุทธ์ทศวรรษแห่งความปลอดภัยทางถนน พ.ศ.2554-2563*. จากเว็บไซต์ ศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุ เพื่อเสริมสร้างวัฒนธรรมการขับขี่ปลอดภัยทางถนน: http://www.thairsc.com/th/Document/strategic_map_roadsafety.pdf
- กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย. (2561). *รายงานผู้เสียชีวิต 7 วันอันตราย เทศกาลปีใหม่*. จากเว็บไซต์ ศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุ เพื่อเสริมสร้างวัฒนธรรมการขับขี่ปลอดภัยทางถนน: <http://rvpreport.rvpeservice.com/viewrsc.aspx?report=0545&session=16>
- กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย. (2561). *รายงานผู้เสียชีวิต 7 วันอันตราย เทศกาลสงกรานต์*. จากเว็บไซต์ ศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุ เพื่อเสริมสร้างวัฒนธรรมการขับขี่ปลอดภัยทางถนน: <http://rvpreport.rvpeservice.com/viewrsc.aspx?report=0545&session=16>
- ข่าวไทยพีบีเอส. (2561). *สถิติอุบัติเหตุทางถนน “สงกรานต์ 2561” รวม 7 วัน เสียชีวิต 418 คน เพิ่มจากปีที่แล้ว*. จากเว็บไซต์ องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย: <https://news.thaipbs.or.th/content/271713>
- จรัสศรี รุ่งรัตนอุบล, อนามัย นาคอุดม, & ดารณี สุวพันธ์. (2555). *การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความพิการจากอุบัติเหตุจราจรทางบก ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล*. มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ภรณ์ยา ปาลวิสุทธิ, & มงคล รอดจันทร์. (2561). *แบบจำลองทำนายความเสี่ยงการเกิดอุบัติเหตุในช่วงเทศกาลปีใหม่โดยเทคนิคเหมืองข้อมูล. การประชุมวิชาการระดับชาติ สังคมศาสตร์วิชาการครั้งที่ 14 มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย*, (หน้า 689-696). เชียงราย, ประเทศไทย.
- ภทธีรา สุวรรณโค, นิตาชล จานงค์ศรี, & จิตินนต์ อังสกุล. (2560). *แบบจำลองการพยากรณ์ความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุทางถนนในเทศกาลปีใหม่ด้วยการทำเหมืองข้อมูล. วารสารวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ*, 7(2), 10-19.
- สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ. (2558). *ผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต ในช่วงเทศกาล ปี 51-57_CutName_Songkran_Edit*. จากเว็บไซต์ สำนักงานพัฒนาารัฐบาลดิจิทัล (องค์การ

มหาชน): <https://data.go.th/DatasetDetail.aspx?id=f33db12e-bfd5-4eec-aa8a-e5b3ff6e1cb1>

สุนิดา ศรีสุริยชัย. (2550). การวิเคราะห์อุบัติเหตุการจราจรบนท้องถนนในจังหวัดนครปฐม โดยใช้เทคนิคของเหมืองข้อมูล. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล.

EFFECT OF JELLOSE AND SWEET TAMARIND PULP OF THAILAND
ON SOME PHYSICAL PROPERTIES AND SENSORY CHARACTERISTICS
OF TAMARIND GELATO ICE CREAM

Woaithichai Narkrugsa^{1*} Piyada Palaya¹ Thanatchaporn Jaipakdeea¹
Suthasinee Yodudom¹

Abstract

The objectives of this research was to study the effect of jellose and sweet tamarind pulp on some physical and sensory properties of tamarind gelato ice cream (TGI). Tamarind gelato ice cream was produced by using jellose (xyloglucan) and sweet tamarind pulp from Thailand. Jellose was used as stabilizer at level of 1% and 2% (w/w,db) while sweet tamarind pulp as flavor at level 15%, 25% and 35% (w/w,wb). TGI was measured mix viscosity before aging, melting rate, overrun, hardness and color. Sensory test of TGI was also done. Mix viscosity of the mixture before aging was significantly increased with increasing concentration of jellose and the amount of sweet tamarind pulp with $r=0.48$ and 0.58 ($p < 0.05$), respectively, while high significantly increased with the interaction of jellose concentration and the amount of sweet tamarind pulp ($r = 0.84$, $p < 0.01$). Melting rate of TGI was high significantly decreased with increasing jellose concentration and the amount of the sweet tamarind pulp at $p < 0.01$ with $r = -0.74$ and -0.66 , respectively. But overrun and hardness of TGI was high significantly decreased with increasing sweet tamarind pulp ($p < 0.01$) with $r = -0.86$ and -0.99 , respectively. TGI have rust color with $L^*64.09 \pm 3.03$, $a^*6.82 \pm 0.57$, $b^*20.59 \pm 0.12$ and hue angle (b^*/a^*) $71.69 \pm 1.48^\circ$. Sensory evaluation, TGI made from jellose 1–2% (w/w, db) and sweet tamarind pulp 25% (w/w, wb) was the highest acceptance score and >70% of untrained panelists accepted in all attributes.

Keywords : Gelato, Ice cream, Jellose, Xyloglucan , Sweet tamarind

¹ Agro-Industry Faculty, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

*Corresponding author, e-mail: woaithichai.na@kmitl.ac.th

Introduction

Thailand is one of the Southeast Asia country that has many kind of fruits all the year round. Tamarind (*Tamarindus indica* L.) is one of the GI (Geographical Indication) plant of the country, especially at the northern part. Phetchaboon province (Sweet tamarind city) is the famous area that sweet tamarind has been grown. There is tamarind seed as a waste (more than 200 ton/year) from food manufactures that produce seedless sweet tamarind products every year. In 2015, our research worked on extraction and purification tamarind seed gum or xyloglucan from tamarind kernel powder (TKP), namely jellose (60–65% of seed) for food utilization (Narkruga et al. 2015). Jellose is hemicelluloses and consists of galactoxyloglucan configuration which has beta-(1–4) linked D-glucan backbone that is partially substituted at the O-6 position of its glucopyranosyl residue with alpha-D-xylopyranose. Some of xylose residues are linked with beta-D-galactosylpyranose at O-2 position. Jellose is a polymer with a molecular weight 115,000 to 2,500,000 Dalton (Nishinari et al. 2009), non toxic (Iida et al. 1978) and generally recognized as safe (GRAS), namely glyloid by DSP GOKYO FOOD & Chemical Japan (DSP GOKYO FOOD&Chemical, 2017). In Japan, jellose was permitted to use in the food industry as a thickening agent, stabilizer and gelling agent (Gliksman, 1986; Marathe *et al.* 2002). Reducing the budgets for the imported gum used in food industry, such as pectin, guar gum and locust bean gum etc., the applications of jellose for food industry in Thailand is very important and necessary to be done.

With the average temperature between 30–40°C of Thailand and having fruit varieties all the year round in the country, and together with the ice cream market in the country expanding 15% of marketing value (about 410 million US dollar) in the year 2014 (Marketeer, 2015), the resistant- melting ice cream especially made from fresh fruits was very interesting. Ice cream is one of dairy base frozen product with generally contains fat, sugar, non-fat milk solid, flavors and stabilizers. The quality of ice cream is evaluated not only its taste, texture and structure but also the resistant to melting. Stabilizers, such as guar gum, locust bean gum etc., are usually imported and used in ice cream production to give the effect on the viscosity of the mix, texture and maintaining the structure from melting of ice cream (Crichtett and Flack 1977; Akesowan, 2008; Sharp and Young, 2013). Gelato, a kind of ice cream developed in Italy, namely Italian Gelato, it is a low fat ice cream flavored with fresh fruits that has overrun below 10%, smooth and viscous than general ice cream (Marshall et al. 2003). So, the research to apply jellose as stabilizer in gelato ice cream in Thailand is interested to be done. The objective of this experiment is to study the effects of jellose as stabilizer and sweet tamarind pulp as flavor on some physical and sensory properties of Tamarind gelato ice cream (TGI).

Materials and methods

Jellose (purified tamarind seed powder or xyloglucan) and sweet tamarind pulp from Srichompoo variety growth in Phetchaboon province were supported by Pinphet Co.Ltd, Thailand.

Proximate analysis

Proximate analysis of jellose, sweet tamarind pulp and accepted TGI were done by AOAC (1995) Methods. The data were shown in **Table 1**.

Table 1 Proximate analysis of jellose, sweet tamarind pulp and accepted tamarind gelato ice cream (TGI).

Composition	Jellose (%db.)	Sweet tamarind pulp (%wb)	Accepted TGI (%db)
Moisture content	–	22.38 ± 0.48	–
Fat	1.90 ± 0.01	0.31 ± 0.07	10.65 ± 0.52
Protein	2.02 ± 0.04	0.36 ± 0.03	7.62 ± 0.32
Crude fiber	1.23 ± 0.01	3.79 ± 0.44	19.42 ± 0.41
Ash	3.01 ± 0.01	3.38 ± 0.01	2.89 ± 0.12
Carbohydrate (total by different)	91.84	69.78	59.42

* The data in this table are mean and standard deviation from three experimental data.

Tamarind Gelato Ice cream preparation

Six batches of TGI were prepared each treatment represented one batch (**Table 2**). The mixture preparation, non-fat pasteurized milk (200 g), whipping cream (100 g), skimmed milk (10 g) and salt (0.25 g) were mixed and heated up to 70°C for pasteurization 10 min in water bath and then were cool to room temperature. Solubilize sweet tamarind pulp (15%, 25% and 35% w/w of mixture, wet basis) with 150 g mixture and heated up to 70°C for 10 min again and cooled to room temperature. Jellose (1%

and 2% w/w of mixture, dry basis) was solubilized in 100 mL hot water (80–85°C) and cooled to room temperature. Homogenized all portions together with sugar syrup (70 g) in Waring blender with high speed for 2 min, cooled and aging the mixture at 4°C overnight. The aged mixture was made to ice cream with ice cream maker (Nemox, Creaserie, Gelato 5K, Italy) for 20–25 min. The ice cream sample was poured in to PE cup and store at -18°C throughout some physical property measurements and sensory evaluation.

Table 2 Jellose concentration and the amount of sweet tamarind pulp added per 100 g of base formulation of tamarind gelato ice cream (TGI).

Treatment	Jellose (% w/w, dry basis)	Sweet tamarind pulp (% w/w, wet basis)
1	1	15
2	1	25
3	1	35
4	2	15
5	2	25
6	2	35

Mix viscosity

Mix viscosity of mixture before aging was measured by using modified method of Muse and Hartel (2004). Brookfield viscometer model DV-III with small sample (15 mL) was used to measure viscosity of mixture at temperature $8 \pm 1^\circ\text{C}$, torque > 80% and reported as mPa.s (milli-pascal seconds).

Melting rate

To measure melting rate of ice cream, the modified method of Muse and Hartel (2004) was used. Ice cream 40 grams of cubic cut sample was placed on the screen which mounted on measuring cylinder at the control temperature 25°C. Every 5 min, for up to 60 min, the dripped volume was recorded and calculated in melting rate (mL/min).

Overrun

Overrun of ice cream was measured and calculated in percent by using modified method of Muse and Hartel (2004). One overrun measurement of ice cream was taken by comparing the weight of ice cream mix and ice cream in a fix volume container and calculated as follows Equation (1),

$$\text{Overrun} = \frac{(\text{weight of mix} - \text{weight of ice cream}) \times 100}{\text{weight of ice cream}} \quad (1)$$

Hardness

To measure hardness of ice cream, modified method of Alfaifi and Stathopoulos(2010) was used. The Texture Analyzer, model TA-Xi 2 was used in the measurement with 2 mm diameter stainless steel cylinder probe (P/2). Compression mode, pre-test speed 1.0 mm/s, test speed 2.4 mm/s, post-test 7.0 mm/s, target mode distance 10 mm, trigger type: auto-20 g and data acquisition rate: 200 pps was used. The temperature of ice cream control at -10°C in dry ice chamber during measurement.

Color Measurement

For color value of ice cream, Chroma meter Konica Minolta model CR-400 was used to measure L^* , a^* , b^* while Hue angel ($\tan^{-1} b^*/a^*$) was also calculated.

Sensory Evaluation

All treatments of TGI were panel tested by using 90 untrained panelists with 9 poin-Hedonic scale (1 = dislike and 9 = very much like) for flavor test and Just About Right (JAR) method for adjust the attributes of ice cream that accept < 70% of the panelists.

Statistical analysis

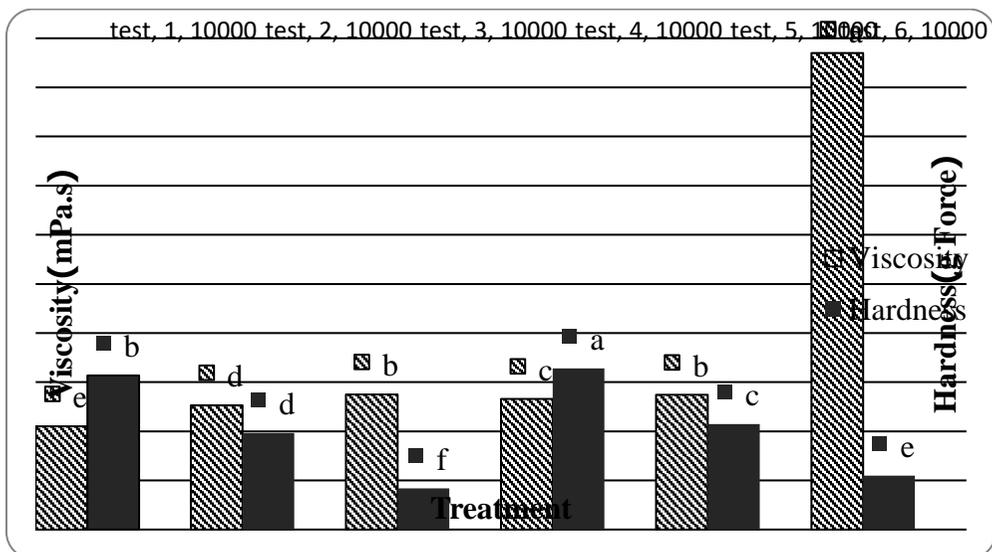
Analysis of variance (ANOVA) was used to compare means of all observations and using Duncan's multiple rank test (DMRT) to identify significant differences at $p < 0.05$ with SPSS-program version 23 (licensed for King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok Thailand).

Results and Discussion

Mix viscosity

From the **Fig. 1**, means of the mix viscosity from all treatments were shown. The results revealed that the TGI using jellose concentration at 2% (w/w,db) mixed together with 35% (w/w,wb) tamarind pulp had the highest viscosity (9700 ± 5.03 mPa.s) while TGI using jellose concentration at 1% (w/w,db) together with tamarind pulp 15% (w/w,wb) had the lowest viscosity (2100 ± 7.21 mPa.s). The increasing of jellose concentration as stabilizer and the amount of sweet tamarind pulp as flavor, will increase mix viscosity of TGI before aging; the mixture will be increased total solid and sugar from the sweet tamarind pulp addition. Regarding with correlation coefficient in **Table 4**, it showed that increasing jellose concentration and sweet tamarind pulp will significantly increased mix viscosity with $r = 0.48^*$ and 0.58^* , respectively at $p < 0.05$, while the interaction between them showed high significantly increased mix viscosity with $r = 0.84^{**}$ at $p < 0.01$. In general, as the viscosity increases, the resistance to melting and smoothness of texture increases (Marshall *et al.* 2003).

Figure 1 Mean values of viscosity and hardness of TGI.



* Different alphabet on top of the bar were significantly different at $p < 0.05$

Melting rate

With the melting rate of TGI in the experiments, the results showed that TGI using more jellose and tamarind pulp will give the significantly lower of their melting

rate. TGI using 2% jellose (w/w,db) mixed together with 35% (w/w,wb) tamarind pulp had the lowest melting rate (0.03 mL/min) (Table 3). The correlation coefficients revealed that increasing jellose concentration, tamarind pulp and their interaction will high significant decreased the melting rate of TGI with $r = -0.74^{**}$, -0.66^{**} and -0.97^{**} at $p < 0.01$, respectively (Table 4). Corresponding with the mix viscosity, high mix viscosity of the mixture before aging will give low of melting rate or high resistance to melting TGI. Because of the ability of jellose and sugar inside the pulp to hold water in ice crystal form in the mixture, all TGI were able to resistant to melting out of the system like in the experiment of Muse and Hartel (2003) and Akesson (2008).

Table 3 Some physical properties of tamarind gelato ice cream (TGI).

Treatment	Jellose (%,db)	Sweet tamarind pulp (%,wb)	Physical properties	
			Melting rate (mL/min)	Overrun (%)
1	1	15	0.12 ± 0.00 ^a	6.72 ± 0.08 ^a
2	1	25	0.09 ± 0.00 ^b	5.55 ± 0.20 ^{bc}
3	1	35	0.07 ± 0.01 ^{cd}	4.01 ± 0.39 ^d
4	2	15	0.08 ± 0.01 ^{bc}	6.80 ± 0.61 ^a
5	2	25	0.05 ± 0.00 ^e	6.14 ± 0.50 ^{ab}
6	2	35	0.03 ± 0.00 ^f	5.16 ± 0.61 ^c

* The data in this table are mean and standard deviation from three experimental data.

† Means with the different superscripts in the same column were significantly different at $p < 0.05$.

Overrun

All treatments of TGI in this experiment, they had the overrun values below 10% while most ice creams had overrun around 50–60% (Muse and Harel, 2003). The results revealed that only tamarind pulp will high significantly affected the overrun of TGI samples with $r = -0.86^{**}$ at $p < 0.01$ (Table 4). It may be due to the sugar in the

pulp (30–40%, w/w) of sweet tamarind variety (Singh *et al.*, 2007). The sugar inside the pulp could bound with water and retarded the forming with air during mixing. From Table 3, the lowest overrun TGI ($4.01 \pm 0.39\%$) was made by using 35% (w/w,wb) of tamarind pulp and 1% (w/w,db) of jellose; it also showed the lowest melting rate. This contradicts the research by Sakurai *et al.* (1996), Sofjan (2002) and Sofjan and Hartel (2004), who showed that ice creams with lower overruns had faster melting rates.

Hardness

Hardness of TGI will expressed as gram force when probe of texture analyzer pressed on the surface of ice cream. The results, in **Fig.1**, showed that TGI made by using 35% (w/w, wb) of tamarind pulp and 2% (w/w,db) of jellose had the highest value of hardness (3277.54 ± 18.08 g. force). The amount of tamarind pulp and the interaction between jellose concentration and tamarind pulp will highly affected to decrease the hardness of TGI with $r = -0.99^{**}$ and -0.60^{**} at $p < 0.01$, respectively (**Table 4**) while the increasing jellose concentration from 1 to 2% non significantly affecting on TGI hardness. It may be due to the high amount of moisture content (**Table 1**) and sugar in the tamarind pulp (Singh *et al.*, 2007). The more added tamarind pulp in the mixture will caused the soft texture of TGI because of the increasing water and sugar in the mixture could deform ice cream especially the fat net work (Tharp *et al.* 1998; Ronald *et al.*, 1999a, 1999b; Prindiville *et al.* 1999 and Alfaifi and Stathopoulos, 2010).

Table 4 Correlation coefficient between jellose concentration, the amount of tamarind pulp and their interaction on some physical of tamarind gelato ice cream (TGI).

Factors	Physical properties			
	Mix viscosity	Melting rate	Overrun	Hardness
Jellose conc., X_1	0.48 [*]	-0.74 ^{**}	0.27 ^{ns}	-0.11 ^{ns}
the amount of tamarind pulp, X_2	0.58 [*]	-0.66 ^{**}	-0.86 ^{**}	-0.99 ^{**}
$X_1 \times X_2$	0.84 ^{**}	-0.97 ^{**}	-0.35 ^{ns}	-0.60 ^{**}

[†] The data in this table are mean and standard deviation from three experimental data.

[‡] * at the correlation value means significant correlation at $p < 0.05$. ** at the correlation value means high significant correlation at $p < 0.01$. ^{ns} at the correlation value means non significant correlation.

Color measurement value

TGI had rust color which had L^* , a^* , b^* and hue angle between 60.53 ± 2.86 – 68.48 ± 2.93 , 5.03 ± 0.65 – 8.04 ± 0.56 , 17.71 ± 1.03 – 20.97 ± 1.65 and $68.16 \pm 3.16^\circ$ – $77.25 \pm 2.65^\circ$, respectively (Table 5). The amount of tamarind pulp high significantly affected to L^* , a^* , b^* and hue angle with $r = -0.76^{**}$, 0.94^{**} , 0.69^{**} and -0.82^{**} at $p < 0.01$, respectively (Table 6).

Table 5 Color values of tamarind gelato ice cream (TGI) made by using jellose as stabilizer and sweet tamarind pulp for flavor.

Treatm ent	Jellose (% w/w,db)	Sweet tamarind pulp (% w/w,wb)	Color values			
			L^*	a^*	b^*	Hue angle
1	1	15	60.53 ± 2.86^b	4.54 ± 0.27^c	17.71 ± 1.03^b	77.25 ± 2.65^a
2	1	25	64.09 ± 3.03^{ab}	6.82 ± 0.56^b	20.21 ± 1.75^a	71.69 ± 1.03^{bc}
3	1	35	68.13 ± 3.36^a	8.04 ± 0.56^a	20.59 ± 0.12^a	68.16 ± 3.16^c
4	2	15	61.89 ± 2.97^b	5.03 ± 0.65^c	18.22 ± 0.41^{ab}	74.57 ± 1.94^{ab}
5	2	25	64.87 ± 2.56^{ab}	6.77 ± 0.10^b	20.53 ± 0.84^a	71.71 ± 0.95^a
6	2	35	68.48 ± 2.93^a	7.71 ± 0.20^a	20.97 ± 1.65^a	69.71 ± 2.01^c

* The data in this table are mean and standard deviation from three experimental data.

† Means with the different superscripts in the same column were significantly different at $p < 0.05$.

Table 6 Correlation coefficient between jellose concentration, the amount of tamarind pulp and their interaction on color value of tamarind gelato ice cream (TGI).

Factors	Color value			
	L^*	a^*	b^*	Hue angle
Jellose conc., X_1	0.11^{ns}	0.01^{ns}	0.13^{ns}	-0.05^{ns}
the amount of tamarind pulp, X_2	-0.76^{**}	0.94^{**}	0.69^{**}	-0.82^{**}
$X_1 \times X_2$	-0.43^{ns}	0.62^{**}	0.56^*	-0.58^*

† The data in this table are mean and standard deviation from three experimental data.

* at the correlation value means significant correlation at $p < 0.05$. ** at the correlation value means high significant correlation at $p < 0.01$. ^{ns} at the correlation value means non significant correlation.

Sensory Evaluation

From the sensory evaluation of TGI with 9-point Hedonic scale method in **Table 7**, the results showed that TGI from treatment 2 and 5 were accepted in the highest score in all attributes from the panelists. TGI added more sweet tamarind pulp (35%w/w,wb) cause lower the total acceptance score than TGI adding 25% (w/w,wb) because of there high sweet flavor. After that the two treatments were sensory tested again with JAR method; the panelists was accepted in all attributes of TGI from both treatments more than 70% of panelists.

Table 7 Sensory evaluation of tamarind gelato ice cream (TGI) by 9-point Hedonic scale method.

Treatment	Jellose (%db)	Sweet tamarind pulp (%wb)	TGI characteristics				
			Flavor	Color	Odor	Texture	Total Acceptance
1	1	15	5.90 ± 1.45 ^b	5.67 ± 1.47 ^b	5.43 ± 1.50 ^b	6.10 ± 1.32 ^a	5.80 ± 1.37 ^b
2	1	25	6.57 ± 1.18 ^b	6.77 ± 1.17 ^a	6.43 ± 0.20 ^a	6.53 ± 1.01 ^a	6.60 ± 1.19 ^a
3	1	35	5.93 ± 1.41 ^b	6.57 ± 1.25 ^a	6.40 ± 1.28 ^a	6.23 ± 1.65 ^a	5.87 ± 1.07 ^b
4	2	15	5.97 ± 1.07 ^b	5.63 ± 1.22 ^b	5.53 ± 0.97 ^b	6.17 ± 1.21 ^a	5.90 ± 1.07 ^b
5	2	25	6.90 ± 1.22 ^a	6.80 ± 1.06 ^a	6.30 ± 1.24 ^a	6.73 ± 1.20 ^a	6.87 ± 1.17 ^a
6	2	35	5.93 ± 1.23 ^b	6.53 ± 1.22 ^a	5.77 ± 1.38 ^{ab}	6.30 ± 1.39 ^a	5.83 ± 1.15 ^b

* The data in this table are mean and standard deviation from three experimental data.

† Means with the different superscripts in the same column were significantly different at $p < 0.05$.

Acknowledgements

Authors would like to thanks Agro-Industry Faculty, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang(KMITL) for using scientific equipments in this experiment and Pinphet Company Limited, Phetchaboon province of Thailand for supporting jellose in the experiment.

References

- Alfaifi, M.S., Stathopoulos, C.E. (2010). Effect of egg yolk substitution by sweet whey protein Concentrate(WPC), on physical properties of gelato ice cream. *International Food Research Journal*. 17: 787–793.
- Akesowan, A. (2008) .Effect of combined stabilizers containing Konjac flour and K-carrageenan on ice cream. *Australian Journal of Technology*. 12(2): 81–85.
- AOAC. (1995). **Official methods of analysis**.15th edition, Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. USA.
- Crichett, N., Flack, F.A. (1977). **The use of emulsifying and stabilizing agents in the development of dairy desserts**. *J. Sci . Food Agri*. 30: 1085–1089.
- DSP GOKYO FOOD& Chemical. (2017). **GLyloid: Tamarind seed gum**. <http://www.dsp-gokyo-fc.co.jp/english/glyloid/>, 26 October 2017.
- Gliksman, M. (1986). **Food hydrocolloids**. Vol.III, pp. 191–202. In: CRC press. Florida, USA
- Iida, M., Matsunaga, Y., Matsuoka, N., Abe, M., Ohnishi, K., Tatsumi, H. (1978) Two years feeding toxicity study of tamarind seed polysaccharide in rats. *The Journal of Toxicological Sciences*. 3(2): 163–192.
- Marshall, R., Goff, H., Hartel, R. (2003) **Ice Cream**. Kluwer Academic Press, New York, NY.
- Marathe, R.M., Annapure, U.S., Singhal, R.S., Kulkarni, P.R. (2002). **Gelling behavior of polyose from tamarind kernel polysaccharide**. *Food Hydrocolloids*. 16: 423–426.
- Marketeer. (2015). **Marketeer Index**. <http://maketteer.co.th/2015/07/ice cream/>, 10 November 2015.
- Muse, M.R., Hartel, R.W. (2003). **Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness**. *J. of Dairy Science*. 87: 1–10.
- Narkrugs, W., Tamakorn, P., Mata, N., Plodpleng, L., Sukhawanli, S. (2015). **Tamarind Kernel Flour (TKF) production, storage and characterization of jellose from TKF to gelling behaviors**. Full report of research supported by Thailand Research Fund (TRF) and Pinphet Co.LTD, Thailand.
- Nishinari, K., Takemasa, M., Yamatoya, K and Shirakawa, M. (2009). **Xyloglucan**, pp.535–566. In: G.O.Phillips&P.A.William (Eds.). *Handbook of Hydrocolloid*. Cambridge. Woodhead Publishing Limited, UK.
- Prindiville, E., Marshall, R., Heymann, H. (1999). Effect of milk fat on the sensory of chocolate ice cream. *Journal of Dairy Science*. 82: 1425–1432.

- Ronald, A., Phillips, L., Boor, K. (1999a). Effect of fat content on sensory properties, melting, color and hardness of ice cream. **Journal of Dairy Science**. 82: 32–38.
- Ronald, A., Phillips, L., Boor, K. (1999b). Effect of fat content on sensory properties, melting, color and hardness of ice cream. **Journal of Dairy Science**. 82: 2094–2100.
- Sakurai, K., Kokubo, S., Hakamata, K., Tomita, M., Yoshida, S. (1996). **Effect of production conditions on ice cream melting resistance and hardness**. *Milchwissenschaft*. 51(8): 451–454.
- Singh, D., Wangchu, L., Moond, S.K. (2007). **Processed products of tamarind**. *Natural product radiance*. 6(4): 315–321.
- Sofjan, R.P. (2002). **The effects of whey protein concentrates and different overrun levels in ice cream**. M.S. thesis, University of Wisconsin, Madison.
- Sofjan, R., Hartel, R. (2004). **Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream**. *International Dairy Journal*. 14: 255–262.
- Tharp, B.W., Young, L.S. (2013). **Tharp & Young on Ice Cream**. Technical short course (Hand out), 10–15 June 2013, at National University of Singapore. 473p.

อิทธิพลของจำนวนนักท่องเที่ยวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ของอากาศในอาคารโบราณสถาน

อัญญา โพธิ์ประดิษฐ์^{1*} โรจน์ คุณเอนก²

บทคัดย่อ

การศึกษาอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในอาคารโบราณสถานสำคัญ 3 แห่งในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาได้แก่ พระอุโบสถวัดหน้าพระเมรุ พระวิหารวัดพนัญเชิง วิหารพระมงคลบพิตร ซึ่งเป็นสถานที่สำคัญ 3 แห่ง มีจำนวนนักท่องเที่ยวสนใจเข้าชมเป็นจำนวนมากในแต่ละวัน จึงอาจก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพของโบราณวัตถุภายในอาคารอันมีค่ายิ่ง ทั้งนี้ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่สามารถก่อให้เกิดความเสื่อมสภาพ เนื่องจากจังหวัดพระนครศรีอยุธยามีภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มน้ำ มีความชื้นสูงในฤดูต่างๆ กว่าภูมิภาคอื่นๆ และจำนวนนักท่องเที่ยวที่เข้าใช้อาคารอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ซึ่งเป็นตัวเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของวัสดุ จากการศึกษาโดยการติดตั้งเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแบบอัตโนมัติ จำนวน 5 ตำแหน่ง และตรวจนับจำนวนนักท่องเที่ยวในทุกๆ 15 นาที ตรงกับการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จากเครื่องบันทึกอัตโนมัติ ตลอดระยะเวลา 7 วัน พบว่า อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ณ ตำแหน่งต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปัจจัยในด้านตำแหน่งและเวลาไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกันที่ระดับ 0.05 โดยปรากฏผลการทดสอบทางสถิติ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์กับจำนวนคนทั้งหมดภายในอาคาร ณ ช่วงเวลาใดๆ ในอาคารโบราณสถานทั้ง 3 พบว่า มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรง ผลจากการวิเคราะห์ความถดถอยพบว่าจำนวนคนมีอิทธิพลต่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ โดยส่งผลให้อุณหภูมิภายในอาคารเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมีค่าลดลง อย่างไรก็ตามยังแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่นไม่สูงมาก ซึ่งหมายถึงปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ ส่งผลต่อความผันแปรดังกล่าวนี้

คำสำคัญ : อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ อาคารโบราณสถาน

¹ อาจารย์ประจำหลักสูตร หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิตสาขาวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา สาขาวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: ananya.po@vru.ac.th

² รองศาสตราจารย์ประจำหลักสูตร ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: roj_khunanake@yahoo.com

* ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: ananya.po@vru.ac.th

INFLUENCES OF THE NUMBER OF TOURISTS ON THE ALTERATION OF TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY IN ANCIENT BUILDINGS

Ananya Popradit^{1*} Roj khunanake²

Abstract

The study of air temperature and relative humidity in three major national heritage sites in Phra Nakhon Si Ayutthaya Province. The chapel of Wat Na Phra Main, the shrine of Wat Phanancherng, and the shrine of Wat Monkhol Bhorphit, 3 places of the most interesting with a large number of tourists visiting each day. The air temperature and relative humidity of are one of the important factors that can lead to deterioration. Phra Nakhon Si Ayutthaya is a terrain plain with higher humidity in various seasons than other regions. The number of visitors that come to visit the building can affect the temperature and relative humidity. This accelerates the chemical and physical changes of the material. The study was conducted by installing five automatic air temperature and relative humidity detectors and counting the number of tourists every 15 minutes, corresponding to the recording of temperature and relative humidity data from the automatic recorder over a period of 7 days. The relative humidity of the air at various locations was significantly different. Position and time factors did not interact at the 0.05 level. Analysis of the relationship between air temperature and relative humidity with the total number of people within the building at any time in the three archaeological buildings was found to be linear. The results of the regression analysis showed that the number of people influencing the air temperature and relative humidity. As a result, the air temperature inside the building increased significantly and the relative humidity decreases. However, the coefficient of confidence is not very high. It means that other environmental factors could be influenced on such variation.

Keywords : Air temperature Relative humidity Ancient buildings

¹ Doctor of Philosophy Program in Environmental Education, Collage of Innovative Management, Varaya Alongkorn Rajabhat University, Klong Luang, Prathum Thani 13180, Thailand. e-mail: ananya.po@vru.ac.th

² Department of Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, KlongLuang, Rangsit, Prathumthani 12121 Thailand.. e-mail: roj_khunanake@yahoo.com

* Corresponding author, e-mail: ananya.po@vru.ac.th

บทนำ

ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศคาดว่าจะมีความรุนแรงมากขึ้นทั้งในเชิงความผันผวน ความถี่ และขอบเขตที่กว้างขวางมากขึ้น ซึ่งจะสร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สิน ระบบโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็น ระบบนิเวศมีแนวโน้มเสื่อมโทรมลงและมีความเป็นไปได้ค่อนข้างสูงในการสูญเสียความสามารถในการรองรับความต้องการของมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม วัตถุประสงค์ของผลกระทบอันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและความเสื่อมโทรมของระบบนิเวศดังกล่าวในแต่ละประเทศจะต้องเผชิญจะมีความแตกต่างกัน ทำให้การบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างบูรณาการจะได้รับความสำคัญและความสนใจเพิ่มมากขึ้น (Newman 2017) สอดคล้องกับประเด็นยุทธศาสตร์ชาติด้านสร้างคุณความดีหลายด้านการท่องเที่ยว โดยการเป็นจุดหมายปลายทางที่สำคัญของการท่องเที่ยวระดับโลกที่ดึงดูดนักท่องเที่ยวทุกระดับและเพิ่มสัดส่วนของนักท่องเที่ยวที่มีคุณภาพสูง มุ่งพัฒนาธุรกิจด้านการท่องเที่ยวให้มีมูลค่าสูงเพิ่มมากยิ่งขึ้น ด้วยอัตลักษณ์และวัฒนธรรมไทย การท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์และวัฒนธรรมเป็นการส่งเสริมการท่องเที่ยวผ่านการสร้างและพัฒนาสินค้าและบริการด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่น ความคิดสร้างสรรค์ และทุนทางวัฒนธรรมเพื่อให้การท่องเที่ยวไทยมีเรื่องราวที่เป็นเอกลักษณ์ มีการคุ้มครองและปกป้องเมืองประวัติศาสตร์ วัฒนธรรม และศิลปะ ให้ได้รับการขึ้นทะเบียนและการอนุรักษ์ที่เหมาะสม (ราชกิจจานุเบกษา 2561)

การเพิ่มขึ้นของประชากรในกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว ซึ่งมีจำนวนประชากรวัยสูงอายุเพิ่มมากขึ้น กลุ่มประชากรในวัยดังกล่าวจะมีการเดินทางท่องเที่ยวในอัตราที่สูง อีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญคือผลอันเนื่องมาจากกฎหมายระหว่างประเทศและข้อบังคับต่างๆ ถูกเปิดกว้างให้มีการเดินทางเพื่อการลงทุน และเพื่อการทำงานมากขึ้น (Eccles and Costa 1996) ดังนั้นประเทศไทยอันเป็นเมืองแห่งศิลปวัฒนธรรมอันทรงคุณค่าแห่งหนึ่งในอารยธรรมตะวันออกซึ่ง UNESCO ได้ขึ้นทะเบียนแหล่งโบราณสถานในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นมรดกโลก จึงเป็นเป้าหมายหนึ่งในการเดินทางเข้ามาท่องเที่ยวและหาความรู้จำนวนนักท่องเที่ยวที่แออัดในวันหยุดเทศกาลการท่องเที่ยว ก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมของโบราณสถานต่างๆ (Nas *et al.* 2002) จากปัญหาทางด้านจัดการในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านการเสื่อมโทรมของโบราณสถาน ด้านมลพิษและการจัดการด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินและด้านขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากจำนวนคนที่เข้ามาเยี่ยมชมและการประกอบกิจการค้าขายในพื้นที่อันทรงคุณค่าอย่างขาดการกำกับดูแลอย่างถี่ถ้วนส่งผลกระทบต่อ (ธีรพงษ์ จงพินิน และคณะ 2561) แหล่งโบราณสถานในจังหวัดพระนครศรีอยุธยากำลังเกิดปัญหาเกี่ยวกับสถานภาพของการเป็นมรดกโลก ดังนั้น การศึกษาเพื่อหาแนวทางในการอนุรักษ์มรดกอันมีค่าของชาติจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญยิ่ง (Grinzato, Bison and Marinetti 2002)

อีกทางหนึ่ง ภายใต้ความผันแปรของความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิของอากาศ อาจส่งผลต่อการเสื่อมสภาพของอาคารโบราณสถาน (อนัญญา โพธิ์ประดิษฐ์ 2554) อีกทั้งจำนวนนักท่องเที่ยวอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นโบราณสถาน (Roels *et al.* 2004)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

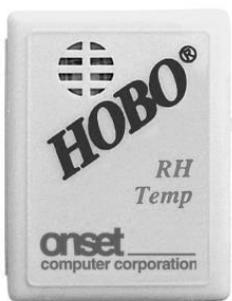
1. การศึกษาค้นคว้านี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการความผันแปรของอุณหภูมิและความชื้นภายใต้อิทธิพลของจำนวนนักท่องเที่ยว จำนวน 3 แห่ง คือ พระอุโบสถวัดหน้าพระเมรุ พระวิหารวัดพนัญเชิง และวิหารพระมงคลบพิตร

2. เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปสร้างแนวทางการจัดการด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมศิลปกรรม

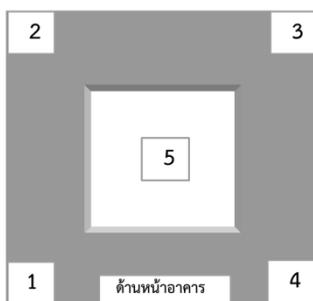
วิธีดำเนินการวิจัย

1. การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

การศึกษาโดยใช้เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Data Logger) ดังภาพที่ 1 ติดตั้ง ภายในอาคารพระวิหารวัดพนัญเชิง วิหารพระมงคลบพิตร และพระอุโบสถวัดหน้าพระเมรุ ในตำแหน่งต่างๆ ทั้ง 4 ด้าน ดังภาพที่ 2 โดยติดตั้งให้อุปกรณ์ทำการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ในแต่ละแห่งตลอดทุก 15 นาที เป็นเวลาหนึ่งสัปดาห์ ในการศึกษานี้จะใช้หน่วยอุณหภูมิเป็น องศาเซลเซียส และหน่วยของความชื้นสัมพัทธ์เป็น เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 1 เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Data Logger)



ภาพที่ 2 แผนผังแสดงตำแหน่งเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Data Logger)

2. การดำเนินการนับจำนวนนักท่องเที่ยวและเจ้าหน้าที่ภายในอาคาร

เนื่องจากต้องการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนักท่องเที่ยวในอาคาร โบราณสถานดังกล่าวกับค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ณ เวลาใดๆ จึงต้องทำการนับจำนวนคนทั้งหมดที่มีในอาคาร ณ เวลาหนึ่งๆ ที่สัมพันธ์กับการบันทึกข้อมูลของเครื่อง โดยทั้งนี้จะรวมถึงจำนวนเจ้าหน้าที่และพระสงฆ์ในบริเวณทั้งหมด อุปกรณ์ที่ใช้ในการนับจำนวนคนคือเครื่องกดนับ กำหนดการทำการบันทึกข้อมูลต่างๆ ในการศึกษาครั้งนี้เป็นตัวแทนของการศึกษาข้อมูลในช่วงฤดูฝน คือช่วง เดือน กันยายน ถึงเดือน ตุลาคม 2560 โดยมีรายละเอียดวันและเวลาที่ทำการบันทึกคือ (1) พระอุโบสถวัดหน้าพระเมรุ ตั้งแต่วันที่ 3 กันยายน 2560 ถึงวันเสาร์ที่ 9 กันยายน 2560 (2) พระวิหารวัดพนัญเชิง ตั้งแต่วันที่ 10 กันยายน 2560 ถึงวันเสาร์ที่ 16 กันยายน 2560 และ (3) วิหารพระมงคลบพิตร ตั้งแต่วันที่ 17 กันยายน 2560 ถึงวันเสาร์ที่ 23 กันยายน 2560 โดยเริ่มนับจำนวนคนตั้งแต่เวลา 8.00 น. ถึง 17.00 น. และช่วงเวลาที่อาคารปิดเครื่อง

บันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ยังคงบันทึกตลอดทุก 15 นาที และจะบันทึกจำนวนคนในช่วงเวลาดังกล่าวเป็น 0 คน เนื่องจากการนับจำนวนคนนั้นเป็นไปได้ค่อนข้างยาก เพราะมีการเข้าออกตลอดเวลา ดังนั้นการนับจึงจัดรูปแบบเป็นสองรูปแบบและนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยมีหลักการคือ (1) การนับจำนวนคนเข้าออกจากประตูด้านหน้าอาคาร โดยการนับเจ้าหน้าที่สองคน เพื่อนับคนเข้าและคนออก จากนั้นจดบันทึก ณ เวลาที่ตรงกันกับเวลาในการบันทึกข้อมูลของเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์และนำมาหาผลต่างค่าที่ได้คือจำนวนคนที่คงเหลือในอาคาร (2) การนับโดยตรง คือจัดเจ้าหน้าที่ 2 คน เดินกดับจำนวนคน ทุก 15 นาที โดยตรงแล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย (3) นำค่าที่ได้จาก ทั้งสองวิธีการมาเฉลี่ยอีกครั้ง เพื่อให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงที่สุด

3. การดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้ในแต่ละวัดมาจัดดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์ถดถอย โดยใช้โปรแกรม MINITAB 17 เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผลการวิจัย

1. วัดหน้าพระเมรุ

1.1 ผลการศึกษาอุณหภูมิจากข้อมูลที่บันทึกได้ ณ พระอุโบสถวัดหน้าพระเมรุ

1.1.1 อุณหภูมิสูงสุด ในการวัดทั้ง 7 วันเป็น 36.40°C ต่ำสุด 25.95°C โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 28.27°C และค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในช่วงเวลา 16.30 น. เป็น 29.75°C

1.1.2 ตำแหน่งกลางพระอุโบสถวัดหน้าพระเมรุ เป็นตำแหน่งที่มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิต่ำสุดที่บริเวณองค์พระพุทธรูปนิมิตพิชิตมารโมลีศรีสรรเพชญ์บรมไตรโลกนาถ คือ 28.83°C

1.1.3 ค่าของอุณหภูมิ ที่บันทึกทุก 15 นาที เป็นเวลา 7 วัน ในตำแหน่งและเวลาต่างๆ จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ค่าของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งและวันที่ต่างกันนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วน ณ เวลาต่างๆพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและปัจจัยของตำแหน่งและเวลาไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกันที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

1.2 ผลการศึกษาความชื้นสัมพัทธ์จากข้อมูลที่บันทึกได้ ณ พระอุโบสถวัดหน้าพระเมรุ

1.2.1 ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยมีค่า 72.08% สูงสุด 81.90% ต่ำสุด 38.30% ตำแหน่งที่ 5 คือบริเวณองค์พระประธานมี ค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดคือ 73.62%

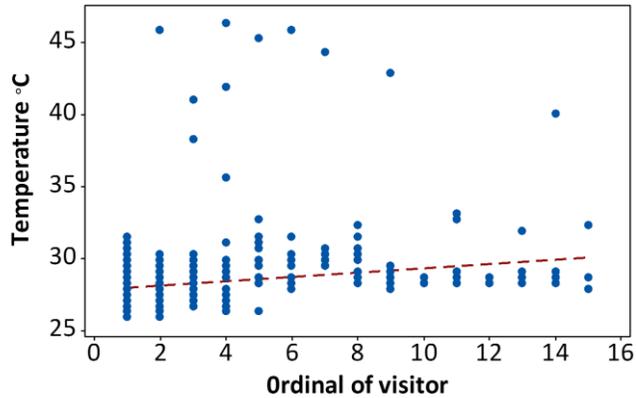
1.2.2 ในรอบสัปดาห์ วันที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดคือวันอังคารที่ 5 กันยายน 2560 มีค่า 77.34% และบริเวณองค์พระพุทธรูปนิมิตพิชิตมารโมลีศรีสรรเพชญ์บรมไตรโลกนาถมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำแหน่งอื่นๆ

1.2.3 ความชื้นสัมพัทธ์ ณ ตำแหน่งต่างๆ จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่ามีค่าของความชื้นสัมพัทธ์ ณ ตำแหน่งและวันที่ต่างกันนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วน ณ เวลาต่างๆ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและ ปัจจัยของตำแหน่งและเวลาไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกันที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

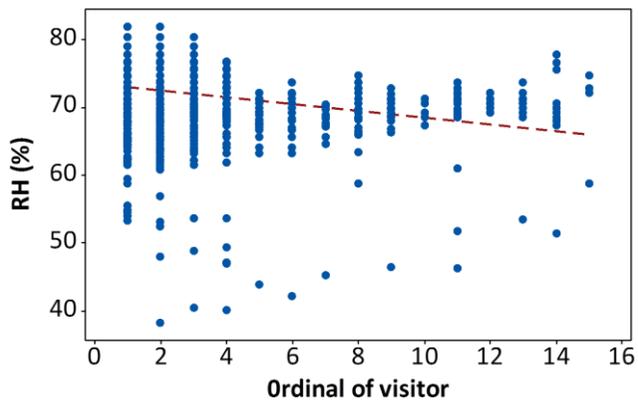
1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และจำนวนคนในอาคาร ณ พระอุโบสถวัดหน้าพระเมรุ

การวิเคราะห์ความถดถอยแยกออกเป็นสองส่วนคือ วิเคราะห์การวิเคราะห์อุณหภูมิและจำนวนคน กับอีกส่วนหนึ่งคือการวิเคราะห์ความชื้นสัมพัทธ์และจำนวนคน โดยทั้งนี้ผู้ทำการจัดจำนวนคน

เป็นลำดับของข้อมูลเสียก่อนเพื่อให้ง่ายต่อการสังเกตแนวโน้มของความสัมพันธ์ โดยจัดให้จำนวน 0-10 คน เป็นช่วงจำนวนคนในอาคารที่ 1 11-20 คน เป็นช่วงจำนวนคนในอาคารที่ 2 เป็นต้น แล้วจึงทำการหาความสัมพันธ์ ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 3 และ 4



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและช่วงจำนวนคนในอาคาร



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์และช่วงจำนวนคนในอาคาร

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์และการวิเคราะห์ถดถอยและผลการวิเคราะห์พบว่า ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและจำนวนคนในอาคาร มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงตามสมการ

$$\text{Temp} = 27.9 + 0.02 \text{ visitor}$$

โดยมีค่า R^2 เป็น 6 % ซึ่งหมายถึง จำนวนคนมีผลกับอุณหภูมิ ในระดับ 6 % ถือเป็นค่าที่น้อย นั้นหมายถึงมีปัจจัยอื่นเข้ามามีอิทธิพลมากถึง 94 % และความสัมพันธ์ของความขึ้นสัมพันธ์และจำนวนคนในอาคาร มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงตามสมการ

$$RH \% = 73.3 - 0.05 \text{ visitor}$$

โดยมีค่า R^2 เป็น 5.7 % ซึ่งหมายถึง จำนวนคนมีผลกับความชื้นสัมพันธ์ ในระดับ 5.7 % ถือเป็นค่าที่น้อยนั้นหมายถึงมีปัจจัยอื่นเข้ามาอิทธิพลมากกว่าถึง 94.3 %

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่นๆที่เข้ามามีผลต่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์นั้นอาจมาจากช่วงเวลาในแต่ละวันนั้นหมายถึง ถึงอุณหภูมิภายนอกเป็นปัจจัยหนึ่งที่เข้ามามีผลอย่างยิ่ง นอกจากนี้การระบายอากาศของอาคารน่าจะเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องด้วยเช่นกัน

2. วัดพินัญเชิง

2.1 ผลการศึกษาอุณหภูมิจากข้อมูลที่บันทึกได้ ณ พระวิหารวัดพินัญเชิง

2.1.1 อุณหภูมิสูงสุด ในการวัดทั้ง 7 วันเป็น 32.34 °C ต่ำสุด 27.12 °C เฉลี่ย 30.14 °C ตำแหน่งที่ 2-4 เป็นตำแหน่งที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 30.25 °C

2.1.2 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในรอบสัปดาห์ ในวันอาทิตย์ ที่ 10 กันยายน 2551 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในรอบ 7 วันที่วัด คือ 30.62 °C และบริเวณองค์พระพุทธรูปรัตนนายกมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับตำแหน่งอื่นๆ

2.1.3 ค่าของอุณหภูมิ ที่บันทึกทุก 15 นาที เป็นเวลา 7 วัน ในตำแหน่งและเวลาต่างๆ จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่ามีค่าของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งและวันที่ต่างกันนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วน ณ เวลาต่างๆพบว่ามีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและจากปัจจัยของตำแหน่งและเวลาไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

2.2 ผลการศึกษาความชื้นสัมพันธ์จากข้อมูลที่บันทึกได้ ณ พระวิหารวัดพินัญเชิง

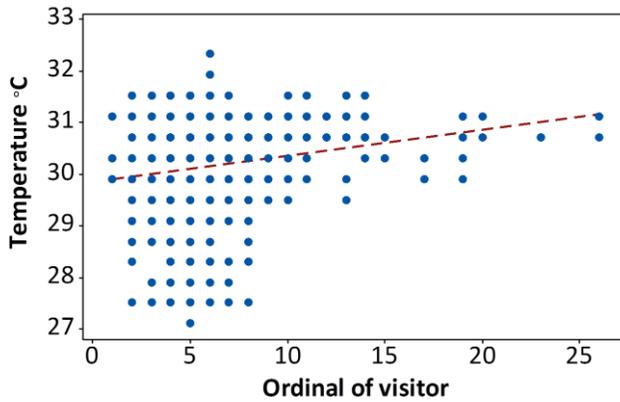
2.2.1 ความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยมีค่า 67.22 % สูงสุด 81.90 % ต่ำสุด 49.50 % ตำแหน่งที่ 1-4 มี ความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยสูงสุดคือ 67.64 %

2.2.2 ในรอบ สัปดาห์ วันที่มี ความชื้นสัมพันธ์สูงสุดคือวันอังคารที่ 12 กันยายน 2560 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 77.34 %

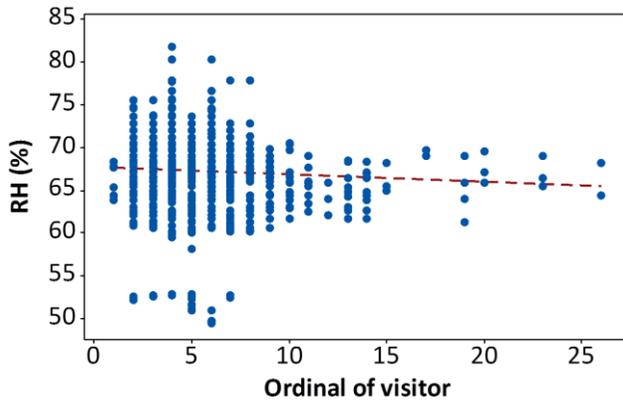
2.2.3 ความชื้นสัมพันธ์ ณ ตำแหน่งต่างๆจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่ามีค่าของความชื้นสัมพันธ์ ณ ตำแหน่งและวันที่ต่างกันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วน ณ เวลาต่างๆพบว่ามีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและปัจจัยของตำแหน่งและเวลาไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกันที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพันธ์และจำนวนคนในอาคาร ณ พระวิหารวัดพินัญเชิง

การวิเคราะห์ความถดถอยแยกออกเป็นสองส่วนคือ วิเคราะห์การวิเคราะห์อุณหภูมิและจำนวนคน อีกส่วนหนึ่งคือการวิเคราะห์ความชื้นสัมพันธ์และจำนวนคน โดยทั้งนี้ได้ทำการจัดจำนวนคนเป็นลำดับเช่นเดียวกับในพระอุโบสถวัดหน้าพระเมรุ ได้ผลดังภาพที่ 5 และ 6



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและช่วงจำนวนคนในอาคาร



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์และช่วงจำนวนคนในอาคาร

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์และการวิเคราะห์ถดถอยและผลการวิเคราะห์พบว่าความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและจำนวนคนในอาคาร มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงตามสมการ

$$\text{Temp} = 29.9 + 0.01 \text{ visitor}$$

โดยมีค่า R^2 เป็น 4.7 % ซึ่งหมายถึง จำนวนคนมีผลกับอุณหภูมิ ในระดับ 4.7 % ซึ่งถือเป็นค่าที่น้อยนั่นหมายถึงมีปัจจัยอื่นเข้ามามีอิทธิพลมาก 95.3 % และความสัมพันธ์ของความชื้นสัมพัทธ์และจำนวนคนในอาคาร มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงตามสมการ

$$\text{RH\%} = 67.8 - 0.01 \text{ visitor}$$

โดยมีค่า R^2 เป็น 6 % ซึ่งหมายถึง จำนวนคนมีผลกับความชื้นสัมพัทธ์ ในระดับต่ำมาก ปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่นๆที่เข้ามามีผลต่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์นั้นอาจมาจากช่วงเวลาในแต่ละวันนั้นหมายถึง อุณหภูมิภายนอกเป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งเข้ามามีผลอย่างยิ่ง นอกจากนี้การระบายอากาศของอาคาร

3. วัดมวงคณพิตร

3.1 ผลการศึกษาอุณหภูมิจากข้อมูลที่บันทึกได้ ณ พระวิหารวัดมวงคณพิตร

3.1.1 อุณหภูมิสูงสุด ในการวัดทั้ง 7 วันเป็น 35.27 °C ต่ำสุด 24.790 °C เฉลี่ย 29.49 °C ตำแหน่งที่ 1 เป็นตำแหน่งที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 29.632 °C

3.1.2 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในรอบสัปดาห์ ในวันอังคาร ที่ 19 กันยายน 2560 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดใน รอบ 7 วัน ที่วัด คือ 29.93 °C อุณหภูมิบริเวณองค์พระมวงคณพิตรแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ กับบริเวณอื่น

3.1.3 ค่าของอุณหภูมิ ที่บันทึกทุก 15 นาที เป็นเวลา 7 วัน ในตำแหน่งและเวลาต่างๆ จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่ามีค่าของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งและวันที่ต่างกันนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วน ณ เวลาต่างๆ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและปัจจัยของตำแหน่งและเวลาไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

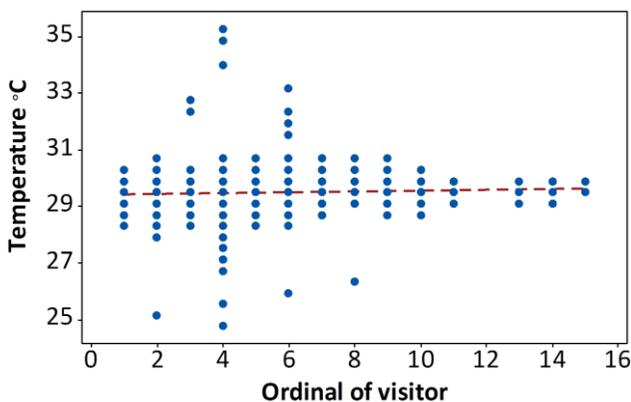
3.2 ผลการศึกษาความชื้นสัมพัทธ์จากข้อมูลที่บันทึกได้ ณ พระวิหารวัดมวงคณพิตร

3.2.1 ความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ยมีค่า 68.69 % สูงสุด 77.88 % ต่ำสุด 55.40 % ตำแหน่งที่ 2 มีความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ยสูงสุดคือ 69.91 %

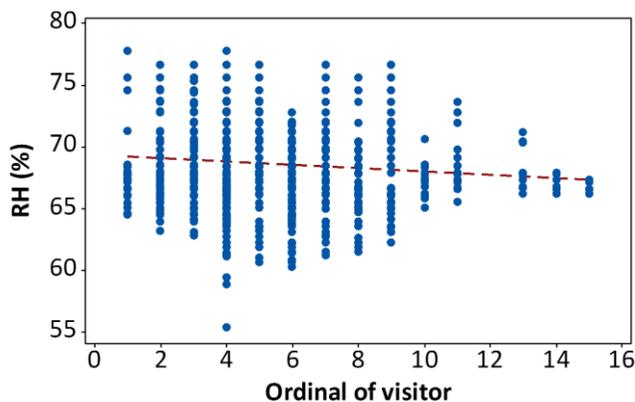
3.2.2 ในรอบสัปดาห์วันที่มีความชื้นสัมพัทธ์ สูงสุดคือวันพุธที่ ที่ 20 กันยายน 2560 มีค่า 71.45 %

3.2.3 ความชื้นสัมพัทธ์ ณ ตำแหน่งต่างๆจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่ามีค่าของความชื้นสัมพัทธ์ ณ ตำแหน่งและวันที่ต่างกันนั้น แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วน ณ เวลาต่างๆ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและปัจจัยของตำแหน่งและเวลาไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และจำนวนคนในอาคาร ณ พระวิหารวัดมวงคณพิตร



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและช่วงจำนวนคนในอาคาร



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์และช่วงจำนวนคนในอาคาร

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์และการวิเคราะห์ถดถอยและผลการวิเคราะห์พบว่า ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและจำนวนคนในอาคาร มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงตามสมการ

$$\text{Temp} = 29.4 + 0.001 \text{ visitor}$$

โดยมีค่า R^2 เป็น 3 % ซึ่งหมายถึง จำนวนคนมีผลกับอุณหภูมิ ในระดับ 3 % ซึ่งถือเป็นค่าที่น้อยนั่นหมายถึงมีปัจจัยอื่นเข้ามามีอิทธิพลมากกว่าถึง 97 % ทั้งนี้จากการศึกษาพบว่าพระวิหารวัดมงคลพิตรนั้นมีประตูขนาดใหญ่เปิดทุกด้านจึงน่าจะเป็นเหตุผลประการหนึ่งที่ทำให้จำนวนคนมีอิทธิพลน้อยกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับจำนวนคนก็มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงตามสมการ

$$\text{RH\%} = 69.3 - 0.01 \text{ visitor}$$

โดยมีค่า R^2 เป็น 1.1 % ซึ่งหมายถึง จำนวนคนมีผลกับความชื้นสัมพัทธ์ ในระดับต่ำเช่นกัน

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาความผันแปรของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์กับจำนวนคนทั้งหมดภายในอาคาร ณ ช่วงเวลาใดๆ ในอาคารโบราณสถานทั้ง 3 พบว่า มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรง ผลจากการวิเคราะห์ความถดถอยพบว่า จำนวนคนมีอิทธิพลต่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ โดยส่งผลให้อุณหภูมิภายในอาคารเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในช่วงที่มีจำนวนผู้เข้าภายในอาคารจำนวนมาก ส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศขณะดังกล่าวมีค่าลดลง เพราะเมื่ออุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้นจะทำให้อากาศขยายตัว จึงสามารถรับมวลไอน้ำได้มากขึ้น ดังนั้นเมื่อจำนวนคนในอาคารออกจากอาคารทั้งหมดในเวลาปิดให้เข้าชม อุณหภูมิอากาศภายในลดลงรวดเร็ว ปริมาณความชื้นที่มีอยู่มีโอกาสกลั่นตัวเป็นหยดน้ำได้มากในช่วงเวลาค่ำโดยเฉพาะบริเวณพื้นผิวโลหะซึ่งมีการลดลงของอุณหภูมิได้เร็ว จึงอาจเป็นเหตุให้โลหะที่ประกอบเป็นองค์พระพุทธรูปสำคัญที่ประดิษฐานอยู่ภายในเกิดการผุกร่อนได้ง่ายขึ้น

(Manabe and Wetherald 1967) อย่างไรก็ตามผลการศึกษาพบว่า จำนวนคนมีอิทธิพลต่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ระดับ R^2 ระหว่าง 4 % -5 % ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความผันแปรของอุณหภูมิและหลักนั้นเกิดจากปัจจัยอื่นๆ ทางสิ่งแวดล้อมเช่น ที่ตั้งอาคาร ความห่างไกลแหล่งน้ำ และรูปแบบการระบายอากาศของอาคาร

ในอาคารวิหารพระมงคลบพิตร แสดงค่า R^2 ต่ำที่สุดในทั้ง 3 อาคาร เมื่อพิจารณาจากสภาพแวดล้อมพบว่าอาคารพระวิหารตั้งอยู่ห่างไกลจากแหล่งน้ำและรูปแบบอาคารสูงโปร่งมีการระบายอากาศดี เมื่อพิจารณาในอาคาร พระวิหารวัดพนัญเชิงและพระอุโบสถวัดหน้าพระเมรุขึ้นโดยตำแหน่งที่ตั้งจะอยู่ใกล้แหล่งน้ำ กล่าวคือพระวิหารวัดพนัญเชิงตั้งอยู่ริมฝั่งแม่น้ำขนาดใหญ่คือบริเวณแม่น้ำป่าสักและแม่น้ำเจ้าพระยา ส่วนพระอุโบสถวัดหน้าพระเมรุ ตั้งอยู่ไม่ไกลจากริมฝั่งแม่น้ำลพบุรีสายเก่า เป็นปัจจัยให้อาคารทั้งสองแห่งนี้มีความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับวิหารพระมงคลบพิตร อย่างไรก็ตามอิทธิพลของนักท่องเที่ยวผู้เข้าเยี่ยมชมภายในอาคารส่งอิทธิพลชัดเจนมากในอาคาร พระวิหารวัดพนัญเชิงและพระอุโบสถวัดหน้าพระเมรุ ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากการสังเกตพฤติกรรมการเข้าใช้อาคารคือ ในอาคารทั้งสองนี้มีจำนวนนักท่องเที่ยวจำนวนมากและนักท่องเที่ยวมักอยู่ภายในอาคารเป็นระยะเวลาานานกว่าในวิหารพระมงคลบพิตร

ดังนั้นจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าปริมาณของนักท่องเที่ยวสามารถก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในอาคารทั้ง 3 แห่ง โดยเฉพาะการเข้าใช้ภายในอาคารครั้งละมากๆ สามารถส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศได้ เป็นที่น่าสังเกตว่าหากในอาคารที่มีการระบายอากาศดี การเพิ่มของจำนวนคนภายในอาคารย่อมมีอิทธิพลน้อย เช่น ในวิหารพระมงคลบพิตร ภายในมีการระบายอากาศค่อนข้างดี ซึ่งแตกต่างจากพระอุโบสถวัดหน้าพระเมรุ พระวิหารวัดพนัญเชิง ที่มีลักษณะค่อนข้างอับทึบ

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาและข้อสรุปที่ได้สามารถเสนอแนะการดูแลอาคารทั้งสามได้ดังต่อไปนี้

1. เมื่อได้ทราบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยแล้วสามารถนำไปใช้พิจารณาเลือกวัสดุต่างๆ เช่น สีและโลหะที่จะนำมาทำการบูรณะภายในอาคารให้มีความเหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้น และสามารถต่อยอดผลการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในรอบเดือนและรอบปีของอาคารโบราณสถานที่มีคุณค่าอื่นๆ

2. จากการศึกษาพบว่าองค์พระประธานวัดหน้าพระเมรุเป็นตำแหน่งที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดภายในพระอุโบสถคือเฉลี่ย 28.03 องศาเซลเซียส ดังนั้นจากความสัมพันธ์จึงทำให้เป็นจุดที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงมากโดยมีค่าเฉลี่ยถึง 73.62% ดังนั้นจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงเกิน 70% จะก่อให้เกิดการเสื่อมโทรมของโบราณวัตถุ (นวลลักษณ์ วีสสันตชาติ 2553) ได้ง่ายจึงควรหาแนวทางในการดูแลที่เหมาะสมต่อไป

3. แม้จำนวนนักท่องเที่ยวที่เข้ามาในพระวิหารและพระอุโบสถต่างๆจะมีอิทธิพลบ้างกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้น จึงกล่าวได้ว่าอาคารต่างๆ นั้นจะสามารถรองรับนักท่องเที่ยวได้มากโดยไม่ได้ทำให้เกิดความเสียหายมากนัก แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นคือปัญหาด้านอื่นๆ เช่นการเกิดขยะมูลฝอยจากการท่องเที่ยว (เจษฎานันท์ เวียงนนท์ และคณะ 2561) ความเบียดเสียดแออัด อาจทำให้เกิดการเสียดสี กับองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมต่างๆ ภายในจนเกิดความเสียหายได้ จึงควรกำหนดจำนวนนักท่องเที่ยวที่จะเข้าชมภายในอาคารให้มีจำนวนที่เหมาะสม โดยเฉพาะในช่วงวันหยุดเทศกาลและฤดูการท่องเที่ยวตามเทศที่สำคัญจึงควรเน้นเป็นพิเศษ และการสร้างองค์ความรู้ในด้านการอนุรักษ์แก่ประชาชนทั่วไปให้มีความตระหนักในการเข้าชมโดยการจัด

ประชาสัมพันธ์ในรูปแบบต่างๆ ย่อมเป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่จะช่วยรักษามรดกทางวัฒนธรรมไว้ให้คงอยู่ (Alhemoud 1996)

เอกสารอ้างอิง

- เจษฎานันท์ เวียงนนท์ ธีเรศ ศรีสถิต และ อนัญญา โพธิ์ประดิษฐ์ (2561). ทศนคติของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่มีต่อการจัดการขยะของแหล่งท่องเที่ยวบนพื้นที่สูง กรณีศึกษาอำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน. *วารสารวิจัยและพัฒนาระบบสุขภาพ*, 11(2), 101-109.
- ธีระพงษ์ จงพหิณ นิสาทักตร์วิไล วีระวัฒน์ อุ่นเสนาหา และอนัญญา โพธิ์ประดิษฐ์. (2561). รูปแบบการกำจัดขยะมูลฝอยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น: VRU Research and Development *Journal Humanities and Social Science*, 13(1).
- ประกาศ เรื่องยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ. 2561 - 2580) พ.ศ. 2561. (2561, 30 ตุลาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 135 ตอนที่ 82 ก. หน้า 1-73.
- นวลลักษณ์ วัสสันตชาติ. (2553). การเสื่อมสภาพของพระพุทธรูปอันเนื่องมาจากเกลือกรณีศึกษา: พระพุทธรูปในพระอุโบสถหลังเดิมวัดอินทารามวรวิหาร กทม. *NAJUA Architecture, Design and Built Environment*, 24, 205-205.
- อนัญญา โพธิ์ประดิษฐ์. (2554). ความผันแปรของการสะสมความชื้นในผนังอาคารโบราณสถานบางแห่งในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- Alhemoud, A. M., & Armstrong, E. G. (1996). Image of tourism attractions in Kuwait. *Journal of travel Research*, 34(4), 76-80.
- Eccles, G. & J. Costa (1996) Perspectives on tourism development. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 8, 44-51.
- Grinzato, E., P. Bison & S. Marinetti (2002) Monitoring of ancient buildings by the thermal method. *Journal of Cultural Heritage*, 3, 21-29.
- Manabe, S. & R. T. Wetherald (1967) Thermal equilibrium of the atmosphere with a given distribution of relative humidity. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 24, 241-259.
- Nas, P. M., H. P. Talal, H. M. Claessen, R. Handler, R. Kurin, K. Olwig, L. Sears & P. M. Nas (2002) Masterpieces of oral and intangible culture: Reflections on the UNESCO World Heritage List. *Current Anthropology*, 43, 139-148.
- Newman, T. P. (2017) Tracking the release of IPCC AR5 on Twitter: Users, comments, and sources following the release of the Working Group I Summary for Policymakers. *Public Understanding of Science*, 26, 815-825.
- Roels, S., Carmeliet, J., Hens, H., Adan, O., Brocken, H., Cerny, R., & Peil, L. (2004). A comparison of different techniques to quantify moisture content profiles in porous building materials. *Journal of Thermal Envelope and Building Science*, 27(4), 261-276.

การใช้พีชคณิตพิสูจน์จุดเก้าจุดบนวงรีโดยการสร้างจากสามเหลี่ยมมุมฉากใด ๆ สอดคล้องกับทฤษฎีวงรีเก้าจุด

คชินทร์ โกขุนทาภรณ์^{1*}

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. ศึกษาและแสดงการใช้พีชคณิตพิสูจน์จุดเก้าจุดในรูปทั่วไปบนวงรีซึ่งสร้างจากสามเหลี่ยมมุมฉากใด ๆ สอดคล้องทฤษฎีวงรีเก้าจุด และ 2. เพื่อแสดงว่าจุดศูนย์กลางภายในจุดร่วม และ จุดศูนย์กลางของวงรี สอดคล้องลักษณะทั่วไปของเส้นออยเลอร์ จากการวิจัยพบว่า จุดทั้งเก้าจุดอยู่บนเส้นรอบรูปของวงรี และ จุดศูนย์กลางภายใน จุดร่วม และ จุดศูนย์กลางของวงรี สอดคล้องลักษณะทั่วไปของเส้นออยเลอร์

คำสำคัญ : พีชคณิต วงรี วงรีเก้าจุด

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

* ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: kachint@vru.ac.th

THE USE OF ALGEBRA TO PROOF THE NINE-POINT ELLIPSE CONSTRUCTED
BY RIGHT-ANGLED TRIANGLE CONFORMITY OF THE NINE POINT THEORY

Kachin Kokanotapron^{1*}

Abstract

This research aims to study and present the proof of the nine-point ellipse theorem which constructed by right-angled triangle by using algebra, and to show incenter, centroid and nine-point center which associated with generalization of the Euler line. The result showed that the nine-point all lie on circumference of the ellipse and incenter, centroid and nine-point center associated with generalization of the Euler line.

Keywords : Algebra, Ellipse, Nine-point Ellipse

¹ Assistant Professor of Program in Applied Mathematics, Faculty of Science and Technology,
Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage,

* Corresponding author, e-mail: kachin@vru.ac.th

บทนำ

MacKay (1892) ได้รวบรวมประวัติทฤษฎีวงกลมเก้าจุด โดยเริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1765 ซึ่งได้กล่าว ว่า ออยเลอร์ (Euler) เป็นผู้ค้นพบทฤษฎีวงกลมเก้าจุดเป็นคนแรก ในปี ค.ศ. 1827 เดวิส (T. S. Davies) พิสูจน์สมบัติเฉพาะของทฤษฎีวงกลมเก้าจุด และบทแทรก ที่ว่าด้วยจุดศูนย์กลางที่อยู่ในตำแหน่งบนเส้นซึ่งอยู่บน จุดตัดกันของส่วนสูงทั้งสามของสามเหลี่ยม บนจุดศูนย์กลางของจุดเก้าจุด และบนเส้นรอบวงกลม ใน ปี ค.ศ. 1828 สไตเนอร์ (Steiner) สร้างคุณสมบัติเฉพาะของทฤษฎีวงกลมเก้าจุด และในปี ค.ศ. 1833 แสดงทฤษฎี วงกลมสิบจุดที่เกี่ยวข้องกับสามเหลี่ยมที่อยู่บนเส้นรอบวงกลม ปี ค.ศ. 1842 เทอร์ควีมส์ (Terquem) แสดง การพิสูจน์ทฤษฎีวงกลมเก้าจุดที่สัมพันธ์กับวงกลมแนบใน และวงกลมแนบนอก ปี ค.ศ. 1850 เม็นชัน (J. Mention) แสดงการพิสูจน์ทฤษฎีของ Feuerbachs โดยใช้กระบวนการทางเรขาคณิต เป็นคนแรก ปี ค.ศ. 1854 ลีวี (W. H. Levy) ได้แสดงการพิสูจน์ทฤษฎีของ Feuerbachs โดยใช้กระบวนการทางเรขาคณิต ปี ค.ศ. 1855 วิลคินสัน (T. T. Wilkinson) ศึกษาเกี่ยวกับ ทฤษฎีวงกลมเก้าจุด ปี ค.ศ. 1857 จอห์น จอชัว โรบินสัน (John Joshua Robinson) แสดงการพิสูจน์ทฤษฎีใหม่เกี่ยวกับทฤษฎีวงกลมเก้า ปี ค.ศ. 1860 รีเวอร์ จอร์จ แซลเมน (Reverend George Salmon) ศึกษาเพิ่มเติมทฤษฎีวงกลมเก้าจุดที่เรียกว่า ทฤษฎีของ Feuerbachs

ต่อมาปี ค.ศ. 2005 มิเชล ดี วิลเลอร์ เสนอภาคตัดกรวยเก้าจุด ในรูปสามเหลี่ยมใด ๆ ซึ่งจุด กึ่งกลางของด้านทั้งสาม จุดปลายของเส้นตรงที่แบ่งครึ่งมุมของจุดยอดทั้งสาม และจุดกึ่งกลางของเส้นตรงที่ลาก จากจุดยอดทั้งสามกับจุดศูนย์กลางภายใน จะอยู่บนเส้นรอบรูปของภาคตัดกรวยและได้เสนอลักษณะทั่วไปของ เส้นออยเลอร์ (Euler line generalization) คือเส้นตรงที่ผ่านจุดศูนย์กลางภายใน จุดร่วม และจุดศูนย์กลางของ ภาคตัดกรวยเก้าจุด และจุดศูนย์กลางของภาคตัดกรวยเก้าจุดแบ่งลักษณะทั่วไปของเส้นออยเลอร์เป็นอัตราส่วน 1:3 ได้นำเสนอและแสดงการพิสูจน์ในวารสาร Pythagoras (Michael, 2005)

ผู้วิจัยได้ศึกษาวิธีการพิสูจน์ทฤษฎีวงกลมเก้าจุด ด้วยวิธีการพิสูจน์ทางเรขาคณิตและ เก้าจุดบน ภาคตัดกรวยของมิเชล ดี วิลเลอร์ (Michael, 2006) ซึ่งจุดทั้งเก้าสร้างโดยสามเหลี่ยมมุมฉากที่มีมุมภายในอีก สองมุมเป็นมุมที่มีขนาด ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่สร้างจุดทั้งเก้าโดยสร้างจากสามเหลี่ยมมุมฉาก โดยมีมุมภายในอีก สองมุมมีขนาดทั่วไป และแสดงจุดทั้งเก้าที่สร้างโดยสามเหลี่ยมมุมฉากใด ๆ สอดคล้องวงรีเก้าจุดและ แสดงว่าจุด ศูนย์กลางภายใน จุดร่วม และ จุดศูนย์กลางของวงรี สอดคล้องสมบัติลักษณะทั่วไปของเส้นออยเลอร์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและแสดงการใช้พีชคณิตพิสูจน์จุดเก้าจุดในรูปทั่วไปบนวงรีซึ่งสร้างจาก สามเหลี่ยมมุมฉากใด ๆ สอดคล้องทฤษฎีวงรีเก้าจุด
2. เพื่อแสดงว่าจุดศูนย์กลางภายใน จุดร่วม และ จุดศูนย์กลางของวงรี สอดคล้องลักษณะ ทั่วไปของเส้นออยเลอร์

วิธีดำเนินการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัย

จุดเก้าจุดซึ่งสร้างโดยสามเหลี่ยมมุมฉากใด ๆ ได้แก่ จุดปลายของเส้นตรงที่แบ่งครึ่งมุมของจุด ยอดทั้งสามของสามเหลี่ยม จุดกึ่งกลางของด้านทั้งสาม และจุดกึ่งกลางของเส้นตรงที่ลากจากจุดยอดทั้งสามกับ จุดศูนย์กลางภายใน ทั้งเก้าจุดอยู่บนเส้นรอบรูปวงรี และแสดงว่า จุดศูนย์กลางภายใน จุดร่วม และจุดศูนย์กลาง ของวงรี สอดคล้องลักษณะทั่วไปของเส้นออยเลอร์

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การศึกษาวงรีเก้าจุด แสดงการพิสูจน์วงรีเก้าจุด โดยเริ่มจากการสร้างจุดทั้งเก้า สร้างโดยสามเหลี่ยม มุมฉากใด ๆ สร้างสมการวงรี แสดงว่าจุดทั้งเก้าสอดคล้องสมการวงรี จุดศูนย์กลางภายใน จุดร่วม และจุดศูนย์กลางของวงรี สอดคล้องลักษณะทั่วไปของเส้นออยเลอร์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการพิสูจน์วงรีเก้าจุด ใช้พีชคณิตที่เกี่ยวข้องกับระยะทางระหว่างจุดสองจุด พิกัดของจุดกึ่งกลาง ความชันของเส้นตรง สมการของเส้นตรง วงรี สมการพหุนามกำลังสองสองตัวแปร การจำแนกประเภทของภาคตัดกรวย จุดศูนย์กลางของภาคตัดกรวย สามเหลี่ยมคล้าย เอกลักษณ์ของฟังก์ชันตรีโกณของครึ่งมุม และหลักเกณฑ์คราเมอร์

การดำเนินการวิจัย

ทฤษฎีวงรีเก้าจุด คือ วงรีซึ่งมีเก้าจุดที่สร้างจากรูปสามเหลี่ยม ได้แก่ จุดกึ่งกลางของด้านทั้งสามของรูปสามเหลี่ยม จุดปลายของเส้นตรงที่แบ่งครึ่งมุมของจุดยอดทั้งสาม และจุดกึ่งกลางของเส้นตรงที่ลากจากจุดยอดทั้งสามกับ จุดศูนย์กลางภายในในอยู่บนเส้นรอบรูปวงรี และ จุดศูนย์กลางภายใน จุดร่วม และ จุดศูนย์กลางของวงรี สอดคล้องลักษณะทั่วไปของเส้นออยเลอร์ ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ABC บนระบบพิกัดคาร์ทีเซียน ซึ่งกำหนดให้มุม B มีขนาด θ_1 และมุม C มีขนาด θ_2 โดยจุด A A มีพิกัดคือ $(0,0)$ จุด B มีพิกัดคือ $(b,0)$ และ จุด C มีพิกัดคือ $(0,c)$ สำหรับ $a,b,c > 0$ ดังภาพที่ 1 ให้ความยาวของส่วนของเส้นตรง AB คือ b หน่วย ความยาวของส่วนของเส้นตรง AC คือ c หน่วย และ ความยาวของส่วนของเส้นตรง BC คือ a หน่วย

ขั้นตอนที่ 2 หาพิกัดจุด D, E และ F ซึ่งเป็นจุดปลายของเส้นตรงที่แบ่งครึ่งมุมของจุดยอด C, B และ A ตามลำดับ และจุดศูนย์กลางภายใน (H) ซึ่งเป็นจุดตัดของ \overline{BE} กับ \overline{CD}

หาพิกัดจุด D ซึ่งเกิดจากเส้นแบ่งครึ่งมุม C ตัดกับ \overline{AB} พบว่าความยาวของส่วนของเส้นตรง AC คือ c หน่วย ให้ความยาวของส่วนของเส้นตรง AD คือ x หน่วย

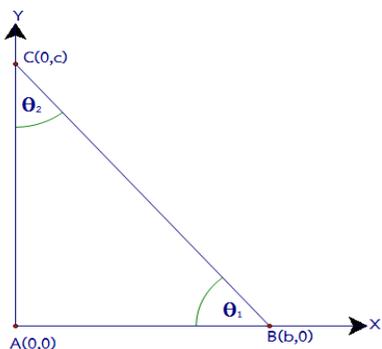
พิจารณา $\tan \frac{\theta_2}{2} = \frac{x}{c}$ (1)

พิจารณา $\tan \frac{\theta_2}{2} = \frac{\sin(\theta_2)}{1 + \cos(\theta_2)} = \frac{\frac{b}{a}}{1 + \frac{c}{a}} = \frac{b}{a + c}$ (2)

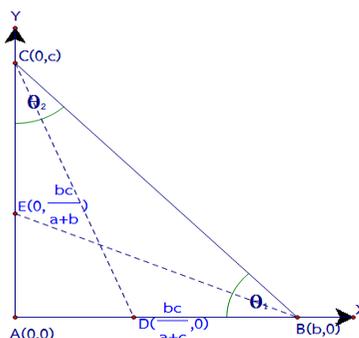
จากสมการ(1) และสมการ (2); $\frac{b}{a + c} = \frac{x}{c}$ จึงได้ $x = \frac{bc}{a + c}$

ดังนั้น พิกัดจุด D คือ $(\frac{bc}{a + c}, 0)$ ดังภาพที่ 2

หาพิกัดจุด E ซึ่งเกิดจากเส้นแบ่งครึ่งมุม B ตัดกับ \overline{AC} พบว่าความยาวของส่วนของเส้นตรง AB คือ b หน่วย ให้ความยาวของส่วนของเส้นตรง AE คือ y หน่วย ใช้วิธีการหาทำนองเดียวกับหาพิกัดจุด D ดังนั้น พิกัดจุด E คือ $E(0, \frac{bc}{a+b})$ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 สามเหลี่ยม ABC



ภาพที่ 2 พิกัดจุด E

หาพิกัดจุด H ซึ่งเป็นจุดที่เกิดจากการตัดกันของส่วนของเส้นตรง BE กับ CD

พิจารณาสมการเส้นตรง BE ซึ่งผ่านจุด $B(b,0)$ และ $E(0, \frac{bc}{a+b})$

$$\text{หาความชันของเส้นตรง } BE; m_{BE} = \frac{0 - \frac{cb}{a+b}}{b - 0} = -\frac{c}{a+b}$$

จึงได้สมการเส้นตรง BE ผ่านจุด $B(b,0)$ และมีความชัน $m_{BE} = -\frac{c}{a+b}$ คือ $\frac{cx}{a+b} + y = \frac{bc}{a+b}$

พิจารณาสมการเส้นตรง CD ซึ่งผ่านจุด $C(0,c)$ และ $D(\frac{bc}{a+c}, 0)$ ใช้วิธีการหาทำนองเดียวกับการหา

สมการเส้นตรง BE ดังนั้นจึงได้สมการเส้นตรง CD คือ $\frac{x(a+c)}{b} + y = c$

พิจารณาจุดตัดของส่วนของเส้นตรง BE กับ ส่วนของเส้นตรง CD

$$\frac{cx}{a+b} + y = \frac{bc}{a+b} \tag{5}$$

$$\frac{x(a+c)}{b} + y = c \tag{6}$$

นำสมการ (5)- สมการ(6); $\frac{cx}{a+b} - \frac{x(a+c)}{b} = \frac{bc}{a+b} - c$

$$\frac{cx}{(a+b)b} - \frac{x(a+c)}{b} = \frac{bc}{a+b} - c$$

$$x = \frac{bc}{a+b+c} \text{ แทนในสมการ (6)}$$

$$y = \frac{bc}{a+b+c}$$

ดังนั้น พิกัดจุด H คือ $\left(\frac{bc}{a+b+c}, \frac{bc}{a+b+c}\right)$ ดังภาพที่ 3

หาพิกัดจุด F เป็นจุดตัดของเส้นตรงที่ผ่านจุด A และจุด H ตัดกับ \overline{BC}

ใช้วิธีการหาทำนองเดียวกับกับการหาพิกัดจุด H ดังนั้น พิกัดจุด F คือ $\left(\frac{bc}{b+c}, \frac{bc}{b+c}\right)$ ดังภาพที่ 3

ขั้นตอนที่ 3 หาพิกัดจุด G, I และ J ซึ่งเป็นจุดกึ่งกลางของ $\overline{AC}, \overline{AB}$ และ \overline{BC} ตามลำดับ

และ หาพิกัดจุด K, L และ M ซึ่งเป็นจุดกึ่งกลางของ $\overline{AH}, \overline{CH}$ และ \overline{BH} ตามลำดับ

$$\text{พิกัดจุด } G = \left(\frac{0+0}{2}, \frac{0+c}{2}\right) = \left(0, \frac{c}{2}\right)$$

$$\text{พิกัดจุด } I = \left(\frac{0+b}{2}, \frac{0+0}{2}\right) = \left(\frac{b}{2}, 0\right)$$

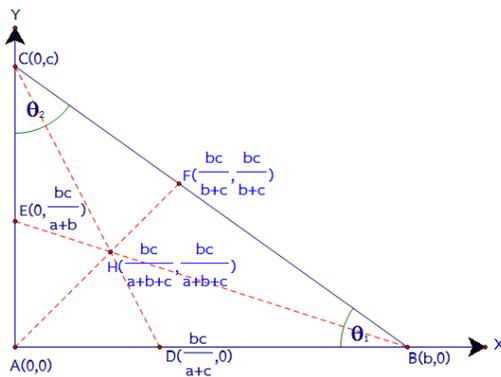
$$\text{พิกัดจุด } J = \left(\frac{0+b}{2}, \frac{0+c}{2}\right) = \left(\frac{b}{2}, \frac{c}{2}\right)$$

$$\text{พิกัดจุด } K = \left(\frac{bc}{2(a+b+c)}, \frac{bc}{2(a+b+c)}\right)$$

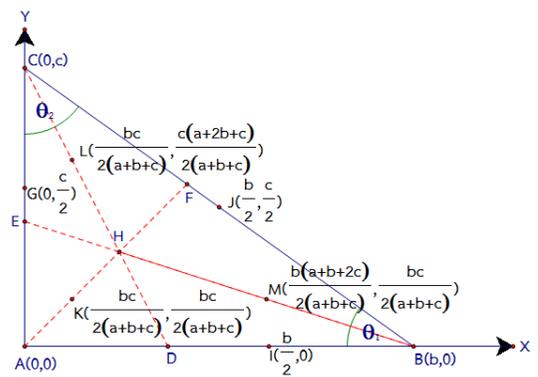
$$\text{พิกัดจุด } L = \left(\frac{bc}{2(a+b+c)}, \frac{c(a+2b+c)}{2(a+b+c)}\right)$$

$$\text{พิกัดจุด } M = \left(\frac{b(a+2c+b)}{2(a+b+c)}, \frac{bc}{2(a+b+c)}\right)$$

แสดงพิกัดจุด G, I, J, K, L และ M ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 3 พิกัดจุด H



ภาพที่ 4 พิกัดจุด G, I, J, K, L และ M

ขั้นตอนที่ 4 หาสมการวงรี โดยสร้างจากสมการพหุนามกำลังสองสองตัวแปร

$$Ax^2 + Bxy + Cy^2 + Dx + Ey + F = 0 \text{ เมื่อ } A, B, C, D, E \in R \quad \dots\dots\dots(8)$$

นำ $\frac{1}{A}$ สมการ (8); $x^2 + \frac{C}{A}y^2 + \frac{B}{A}xy + \frac{D}{A}x + \frac{E}{A}y + \frac{F}{A} = 0 \quad \dots\dots\dots(9)$

ให้ $a_1 = \frac{B}{A}, b_1 = \frac{C}{A}, c_1 = \frac{D}{A}, d_1 = \frac{E}{A}$ และ $e_1 = \frac{F}{A}$ แทนค่าในสมการ (9)

จึงได้ $a_1xy + b_1y^2 + c_1x + d_1y + e_1 = -x^2$ เมื่อ $a_1, b_1, c_1, d_1, e_1 \in \mathbb{R}$ (10)

ให้สมการ (10) ผ่านจุด จุด $D\left(\frac{bc}{a+c}, 0\right), E\left(0, \frac{bc}{a+b}\right), G\left(0, \frac{c}{2}\right), I\left(\frac{bc}{2}, 0\right)$ และ

$K\left(\frac{bc}{2(a+b+c)}, \frac{bc}{2(a+b+c)}\right)$
 ผ่านจุด $D\left(\frac{bc}{a+c}, 0\right)$ $\frac{bc}{a+c}c_1 + e_1 = -\frac{b^2c^2}{(a+c)^2}$ (11)

ผ่านจุด $E\left(0, \frac{bc}{a+b}\right)$ $\frac{b^2c^2}{(a+b)^2}b_1 + \frac{bc}{a+b}d_1 + e_1 = 0$ (12)

ผ่านจุด $G\left(0, \frac{c}{2}\right)$ $\frac{c^2}{4}b_1 + \frac{c}{2}d_1 + e_1 = 0$ (13)

ผ่านจุด $I\left(\frac{bc}{2}, 0\right)$ $\frac{bc}{2}c_1 + e_1 = -\frac{b^2}{4}$ (14)

ผ่านจุด $K\left(\frac{bc}{2(a+b+c)}, \frac{bc}{2(a+b+c)}\right)$ $\frac{b^2c^2}{4(a+b+c)^2}d_1 + \frac{b^2c^2}{4(a+b+c)^2}d_1 + \frac{bc}{2(a+b+c)}d_1 + e_1 = -\frac{b^2c^2}{4(a+b+c)^2}$ (15)

จากสมการ (11) ถึง (15) ใช้หลักเกณฑ์คราเมอร์ (Cramer's rule) หาค่า a_1, b_1, c_1, d_1 และ e_1

ให้ $A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \frac{bc}{a+c} & 0 & 1 \\ 0 & \frac{b^2c^2}{(a+b)^2} & 0 & \frac{bc}{a+b} & 1 \\ 0 & \frac{c^2}{4} & 0 & \frac{c}{2} & 1 \\ 0 & 0 & \frac{b}{2} & 0 & 1 \\ \frac{b^2c^2}{4(a+b+c)^2} & \frac{b^2c^2}{4(a+b+c)^2} & \frac{bc}{2(a+b+c)} & \frac{bc}{2(a+b+c)} & 1 \\ -\frac{b^2c^2}{(a+c)^2} & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -\frac{b^2}{4} & 0 & 1 \\ \frac{b^2c^2}{4(a+b+c)^2} & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, X = \begin{pmatrix} a_1 \\ b_1 \\ c_1 \\ d_1 \\ e_1 \end{pmatrix}$ และ

$B = \begin{pmatrix} -\frac{b^2c^2}{(a+c)^2} \\ 0 \\ 0 \\ -\frac{b^2}{4} \\ \frac{b^2c^2}{4(a+b+c)^2} \end{pmatrix}$ ได้ระบบสมการ $AX = B$ หาค่า $\det(A)$ โดยกระจายตามหลักที่ 2 ($j = 2$)

$$\det(A) = \sum_{i=1}^5 a_{i2} C_{i2} = a_{12} C_{12} + a_{22} C_{22} + a_{32} C_{32} + a_{42} C_{42} + a_{52} C_{52}$$

$$= a_{52} C_{52} = \frac{b^2 c^2}{4(a+b+c)^2} \begin{vmatrix} 0 & \frac{bc}{a+c} & 0 & 1 \\ \frac{b^2 c^2}{(a+b)^2} & 0 & \frac{bc}{a+b} & 1 \\ \frac{c^2}{4} & 0 & \frac{c}{2} & 1 \\ 0 & \frac{b}{2} & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$= \frac{b^2 c^2}{4(a+b+c)^2} \frac{bc}{a+c} \begin{vmatrix} \frac{b^2 c^2}{(a+b)^2} & \frac{bc}{a+b} & 1 \\ \frac{c^2}{4} & \frac{c}{2} & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} + \frac{b}{2} \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 \\ \frac{b^2 c^2}{(a+b)^2} & \frac{bc}{a+b} & 1 \\ \frac{c^2}{4} & \frac{c}{2} & 1 \end{vmatrix}$$

$$= \frac{b^2 c^2}{4(a+b+c)^2} \frac{b^2 c^4 (a-b)}{4(a+c)(a+b)^2} - \frac{b^2 c^3 (a-b)}{8(a+b)^2}$$

$$= \frac{b^2 c^2}{4(a+b+c)^2} \frac{b^2 c^3 (a-b)(a-c)}{8(a+c)(a+b)^2} - \frac{-b^4 c^5 (a-b)(a-c)}{32(a+c)(a+b)^2 (a+b+c)^2}$$

จึงได้ $\det(A) = \frac{-b^4 c^5 (a-b)(a-c)}{32(a+c)(a+b)^2 (a+b+c)^2}$

ให้ $A_1 = \begin{vmatrix} -\frac{b^2 c^2}{(a+c)^2} & 0 & \frac{bc}{a+c} & 0 \\ 0 & \frac{b^2 c^2}{(a+c)^2} & 0 & \frac{bc}{a+b} \\ 0 & \frac{c^2}{4} & 0 & \frac{c}{2} \\ -\frac{b^2}{4} & 0 & \frac{b}{2} & 0 \\ \frac{b^2 c^2}{4(a+b+c)^2} & \frac{b^2 c^2}{4(a+b+c)^2} & \frac{bc}{2(a+b+c)} & \frac{bc}{2(a+b+c)} \end{vmatrix}$

หาค่า $\det(A_1)$ ใช้วิธีการคำนวณทำนองเดียวกับการหาค่า $\det(A)$

จึงได้ $\det(A_1) = \sum_{i=1}^5 a_{i2} C_{i2} = -\frac{b^5 c^5 (bc - ac - ba + a^2)}{16(a+c)^2 (a+b)^2 (a+b+c)}$

ดังนั้น $a_1 = \frac{\det(A_1)}{\det(A)} = \frac{2b(bc - ac - ab + a^2)}{(a+c)(a-c)(a-b)}$

$$\text{ให้ } A_2 = \begin{pmatrix} 0 & -\frac{b^2c^2}{(a+b)^2} & \frac{bc}{a+c} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{bc}{a+b} \\ 0 & 0 & 0 & \frac{c}{2} \\ 0 & -\frac{b^2}{4} & \frac{b}{2} & 0 \\ \frac{b^2c^2}{64(a+b+c)^2} & -\frac{b^2c^2}{4(a+b+c)^2} & \frac{bc}{2(a+b+c)} & \frac{bc}{2(a+b+c)} \end{pmatrix}$$

หาค่า $\det(A_2)$ ใช้วิธีการคำนวณทำนองเดียวกับการหาค่า $\det(A)$

$$\text{จึงได้ } \det(A_2) = -\frac{b^5c^4(a-b)(a-c)}{32(a+b+c)^2(a+c)^2(a+b)}$$

$$\text{ดังนั้น } b_1 = \frac{\det(A_2)}{\det(A)} = \frac{b(a+b)}{c(a+c)}$$

$$\text{ให้ } A_3 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -\frac{b^2c^2}{(a+c)^2} & 0 \\ 0 & \frac{b^2c^2}{(a+b)^2} & 0 & \frac{bc}{a+b} \\ 0 & \frac{c^2}{4} & 0 & \frac{c}{2} \\ 0 & 0 & -\frac{b^2}{4} & 0 \\ \frac{b^2c^2}{64(a+b+c)^2} & \frac{b^2c^2}{4(a+b+c)^2} & -\frac{b^2c^2}{4(a+b+c)^2} & \frac{bc}{2(a+b+c)} \end{pmatrix}$$

หาค่า $\det(A_3)$ ใช้วิธีการคำนวณทำนองเดียวกับการหาค่า $\det(A)$

$$\text{จึงได้ } \det(A_3) = -\frac{b^5c^5(-3c^2+a^2+2ac)(a-b)}{64(a+b+c)^2(a+c)^2(a+b)^2}$$

$$\text{ดังนั้น } c_1 = \frac{\det(A_3)}{\det(A)} = -\frac{b(-3c^2+a^2+2ac)}{2(a+c)(a-c)}$$

$$\text{ให้ } A_4 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \frac{bc}{a+c} & -\frac{b^2c^2}{(a+c)^2} \\ 0 & \frac{b^2c^2}{(a+b)^2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{c^2}{4} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{b}{2} & -\frac{b^2}{4} \\ \frac{b^2c^2}{64(a+b+c)^2} & \frac{b^2c^2}{4(a+b+c)^2} & \frac{bc}{2(a+b+c)} & -\frac{b^2c^2}{4(a+b+c)^2} \end{pmatrix}$$

หาค่า $\det(A_4)$ ใช้วิธีการคำนวณทำนองเดียวกับการหาค่า $\det(A)$

$$\text{จึงได้ } \det(A_4) = \frac{b^5c^5(a-c)(-3b^2+a^2+2ab)}{64(a+b+c)^2(a+b)^2(a+c)^2}$$

$$\text{ดังนั้น } d_1 = \frac{\det(A_4)}{\det(A)} = -\frac{b(-3b^2+a^2+2ab)}{2(a+c)(a-b)}$$

ให้

$$A_5 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \frac{bc}{a+c} & 0 & -\frac{b^2c^2}{(a+c)^2} \\ 0 & \frac{b^2c^2}{(a+b)^2} & 0 & \frac{bc}{a+b} & 0 \\ 0 & \frac{c^2}{4} & 0 & \frac{c}{2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{b}{2} & 0 & -\frac{b^2}{4} \\ \frac{b^2c^2}{64(a+b+c)^2} & \frac{b^2c^2}{4(a+b+c)^2} & \frac{bc}{2(a+b+c)} & \frac{bc}{2(a+b+c)} & -\frac{b^2c^2}{4(a+b+c)^2} \end{pmatrix}$$

หาค่า $\det(A_5)$ ใช้วิธีการคำนวณทำนองเดียวกับการหาค่า $\det(A)$

$$\text{จะได้ } \det(A_5) = -\frac{b^6c^6(a-c)(a-b)}{64(a+b+c)^2(a+b)^2(a+c)^2}$$

$$\text{ดังนั้น } e_1 = \frac{\det(A_5)}{\det(A)} = \frac{b^2c}{2(a+c)}$$

$$\text{แทนค่า } a_1 = \frac{2b(bc-ac-ab+a^2)}{(a+c)(a-c)(a-b)}, b_1 = \frac{b(a+b)}{c(a+c)}, c_1 = -\frac{b(-3c^2+a^2+2ac)}{2(a+c)(a-c)},$$

$$d_1 = -\frac{b(-3b^2+a^2+2ab)}{2(a+c)(a-b)} \text{ และ } e_1 = \frac{b^2c}{2(a+c)} \text{ ในสมการ (10)}$$

จากสมการ (10); $a_1xy + b_1y^2 + c_1x + d_1y + e_1 = -x^2$

$$\begin{aligned} \text{จึงได้ } x^2 + \frac{2b(bc - ac - ab + a^2)}{c(a+c)(a-c)(a-b)}xy + \frac{b(a+b)}{c(a+c)}y^2 + \frac{b(-3c^2 + a^2 + 2ac)}{2(a+c)(a-c)}x + \\ \frac{b(-3b^2 + a^2 + 2ab)}{2(a+c)(a-b)}y + \frac{b^2c}{2(a+c)} = 0 \\ c(a+c)(a-c)(a-b)x^2 + 2bcb(a-c)(a-b)xy + 2b(a-c)(a-b)(a+b)y^2 - \\ c(a+3c)(a-c)(a-b)x - c(a+3b)(a-b)(a-c)y + c^2(a-c)(a-b) = 0 \end{aligned}$$

จัดรูปสมการ

$$c(a+c)x^2 + [4bc]xy + 2b(a+b)y^2 - c(a+3c)x - c(a+3b)y + c^2 = 0 \quad \dots (16)$$

ตรวจสอบว่าสมการ (16) เป็นสมการวงรีหรือไม่โดยอาศัยสมบัติการจำแนกประเภทของภาคตัดกรวยต่อไป นี้ จากสมการพหุนามกำลังสองสองตัวแปร $Ax^2 + Bxy + Cy^2 + Dx + Ey + F = 0$ เป็นสมการที่มีกราฟเป็นรูปวงรี ถ้า $B^2 - 4AC < 0$ (ศรีบุตร แววจริญ และชนศักดิ์ ป้ายเที่ยง, 2544) จากสมการ (16) ได้ว่า $A = 2c(a+c), B = 4bc$ และ $C = 2b(a+b)$

พิจารณา
$$\frac{B^2}{4AC} = \frac{[4bc]^2}{4c(a+c)2b(a+b)} = \frac{b}{(a+c)(a+b)} < 1$$
 เนื่องจาก $a, b, c > 0$;

จึงได้ $B^2 < 4AC$ นั่นคือ $B^2 - 4AC < 0$

ดังนั้น สมการ (16) เป็นสมการวงรี

ผลการวิจัย

จากการวิจัยพบว่า

1. จะแสดงว่าจุด D, E, F, G, I, J, K, L และ M สอดคล้องสมการวงรี จากสมการวงรี (16);

พิจารณา จุด $D\left(\frac{ac}{a+c}, 0\right)$
$$c(a+c)\left(\frac{ac}{a+c}\right)^2 - c(a+3c)\left(\frac{ac}{a+c}\right) + b^2c^2 = 0$$

$$\frac{b^2c^2}{a+c}[2c - a - 3c + a + c] = 0$$

$0 = 0$ เป็นจริง

จึงได้ว่า จุด $D\left(\frac{ac}{a+c}, 0\right)$ สอดคล้องสมการวงรี (16);

สำหรับจุด E, F, G, I, J, K, L และ M ใช้วิธีการแสดงทำนองเดียวกับการแสดงว่าจุด D สอดคล้องสมการวงรี (16)

ดังนั้น จุด D, E, F, G, I, J, K, L และ M สอดคล้องสมการวงรี

2. จะแสดงว่าจุดศูนย์กลางภายใน (H) จุดร่วม ($G\phi$) และ จุดศูนย์กลางวงรี (N) สอดคล้องลักษณะทั่วไปของเส้นออยเลอร์

หาจุดศูนย์กลางของวงรี จากสมการพหุนามกำลังสองสองตัวแปร $Ax^2 + Bxy + Cy^2 + Dx + Ey + F = 0$

ถ้า $B^2 - 4AC > 0$ จุดศูนย์กลางของภาคตัดกรวยคือ $h = \frac{2CD - BE}{B^2 - 4AC}$ และ $k = \frac{2AE - BD}{B^2 - 4AC}$

(อำพล ธรรมเจริญ, 2542) จากสมการวงรี (16) จึงได้ $A = 2c(a + c), B = 4bc, C = 2b(a + b),$

$D = bc(a + 3c)$ และ $E = bc(a + 3b)$

$$h = \frac{2CD - BE}{B^2 - 4AC} = \frac{2bc(a + b) - bc(a + 3c) - [4bc]bc(a + 3b)}{[4bc]^2 - 4bc(a + c)bc(a + b)} = \frac{b(a + b + 2c)}{4(a + b + c)}$$

$$k = \frac{2AE - BD}{B^2 - 4AC} = \frac{2bc(a + c) - bc(a + 3b) - [4bc]bc(a + 3c)}{[4bc]^2 - 4bc(a + c)bc(a + b)} = \frac{c(a + 2b + c)}{4(a + b + c)}$$

ดังนั้น พิกัดจุด N คือ $\left(\frac{3b(a + b + 2c)}{4(a + b + c)}, \frac{c(a + 2b + c)}{4(a + b + c)}\right)$

หาจุดพิกัดจุด G ซึ่งเกิดจากกันตัดกันของส่วนของเส้นตรง \overline{CI} กับส่วนของเส้นตรง \overline{BG} ใช้

วิธีการหาทำนองเดียวกับกับการหาพิกัดจุด H ดังนั้น พิกัดจุด G คือ $\left(\frac{3b}{3}, \frac{c}{3}\right)$

จะแสดงว่าจุด H, G และ N อยู่บนเส้นตรงเดียวกันโดย โดยแสดงว่าทุกคู่ของจุดทั้งสามมี

ความชันเท่ากัน พิจารณาความชัน $m_{HN} = \frac{\frac{bc}{a + b + c} - \frac{c(a + 2b + c)}{4(a + b + c)}}{\frac{bc}{a + b + c} - \frac{b(a + b + 2c)}{4(a + b + c)}} = \frac{c(a - 2b + c)}{b(a + b - 2c)}$

พิจารณาความชัน $m_{HG} = \frac{\frac{bc}{a + b + c} - \frac{c}{3}}{\frac{bc}{a + b + c} - \frac{b}{3}} = \frac{c(a - 2b + c)}{b(a + b - 2c)}$

พิจารณาความชัน $m_{NG} = \frac{\frac{c(a + 2b + c)}{4(a + b + c)} - \frac{c}{3}}{\frac{c(a + 2b + c)}{4(a + b + c)} - \frac{b}{3}} = \frac{c(a - 2b + c)}{b(a + b - 2c)}$

จาก $m_{HN} = m_{HG} = m_{NG}$ ดังนั้น จุด H, G และ N อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน(17)

จะแสดงว่า $|\overline{HN}| = 3|\overline{NG}|$

$$|\overline{HN}| = \sqrt{\left(\frac{bc}{a + b + c} - \frac{b(a + b + 2c)}{4(a + b + c)}\right)^2 + \left(\frac{bc}{a + b + c} - \frac{c(a + 2b + c)}{4(a + b + c)}\right)^2}$$

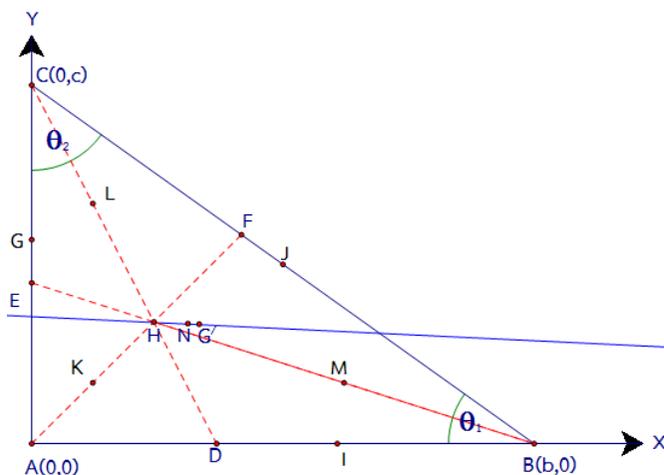
$$= \frac{\sqrt{b^2(2c - a - b)^2 + c^2(2b - a - c)^2}}{4(a + b + c)}$$

$$|\overline{NG}| = \sqrt{\left(\frac{b(a + b + 2c)}{4(a + b + c)} - \frac{b}{3}\right)^2 + \left(\frac{c(a + 2b + c)}{4(a + b + c)} - \frac{c}{3}\right)^2} = \frac{\sqrt{b^2(2c - a - b)^2 + c^2(2b - a - c)^2}}{12(a + b + c)}$$

$$\text{พิจารณา } \frac{|HN|}{|NG|} = \frac{\frac{\sqrt{b^2(2c-a-b)^2 + c^2(2b-a-c)^2}}{4(a+b+c)}}{\frac{\sqrt{b^2(2c-a-b)^2 + c^2(2b-a-c)^2}}{12(a+b+c)}} = \frac{12(a+b+c)}{4(a+b+c)} = 3$$

ดังนั้น $|HN| = 3|NG|$ (18)

จากสมการ (17) และสมการ (18) จึงได้ว่า จุด H, G และ N สอดคล้องลักษณะทั่วไปของเส้นออยเลอร์ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 จุด H, G และ N สอดคล้องลักษณะทั่วไปของเส้นออยเลอร์

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยสรุปและอภิปรายผลได้ดังนี้

1. จุดเก้าจุดที่สร้างโดยสามเหลี่ยมมุมฉากใด ๆ ได้แก่ จุดปลายของเส้นตรงที่แบ่งครึ่งมุมของจุดยอดทั้งสามของสามเหลี่ยม จุดกึ่งกลางของด้านทั้งสาม และ จุดกึ่งกลางของเส้นตรงที่ลากจากจุดยอดทั้งสามกับจุดศูนย์กลางภายในทั้งเก้าจุดอยู่บนเส้นรอบรูปวงรี ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ มิเชล ดี วิลเลอร์ (Michael, 2006) กล่าวว่า จุดเก้าจุดอยู่บนเส้นรอบรูปของภาคตัดกรวย และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ คชินทร์ โกขุนทาภรณ์ (2559) ที่ได้ศึกษาวิจัย เรื่อง การใช้พีชคณิตในการพิสูจน์วงรีเก้าจุด ผลการวิจัยพบว่า จุดปลายของเส้นตรงที่แบ่งครึ่งมุมของจุดยอดทั้งสาม จุดกึ่งกลางของด้านทั้งสาม และ จุดกึ่งกลางของเส้นตรงที่ลากจากจุดยอดทั้งสามกับจุดศูนย์กลางภายในทั้งเก้าจุดอยู่บนเส้นรอบรูปวงรี

2. จุดศูนย์กลางภายใน จุดรวม และ จุดศูนย์กลางของวงรี ทั้งสามจุดอยู่บนเส้นตรงเดียวกัน และสอดคล้องสมบัติลักษณะทั่วไปของเส้นออยเลอร์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ มิเชล ดี วิลเลอร์ (Michael, 2006) กล่าวว่าจุดศูนย์กลางภายใน จุดรวมและ จุดศูนย์กลางของภาคตัดกรวย สอดคล้องสมบัติของลักษณะทั่วไปของเส้นออยเลอร์ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ คชินทร์ โกขุนทาภรณ์ (2559) ที่ได้ศึกษาวิจัย เรื่อง การใช้พีชคณิตในการพิสูจน์วงรีเก้าจุด ผลการวิจัยพบว่า จุดศูนย์กลางภายใน จุดรวมมวล และ จุดศูนย์กลางของวงรีทั้งสามจุดอยู่บนเส้นตรงเดียวกันและสอดคล้องลักษณะทั่วไปของเส้นออยเลอร์

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งนี้

ในการพิสูจน์นี้ผู้วิจัยใช้ซอฟต์แวร์สำรวจเชิงคณิตศาสตร์ เรขาคณิตพลวัต (The geometer's sketchpad) ในการทำความเข้าใจทฤษฎีก่อนการพิสูจน์ ใช้ในการวาดรูป และใช้พีชคณิตที่เกี่ยวกับ ระยะทาง ระหว่างจุดสองจุด พิกัดของจุดกึ่งกลาง ความชันของเส้นตรง สมการของเส้นตรง วงรี สมการพหุนามกำลังสอง สองตัวแปร การจำแนกประเภทของภาคตัดกรวย จุดศูนย์กลางของภาคตัดกรวย สามเหลี่ยมคล้าย เอกลักษณ์ของ ฟังก์ชันตรีโกณของครึ่งมุม และหลักเกณฑ์คราเมอร์ ในการพิสูจน์ ผู้ที่สนใจจะศึกษาจะต้องมีความรู้พื้นฐานในเรื่อง ดังกล่าว ผู้สนใจอาจดำเนินการวิจัย พิสูจน์ทฤษฎีโดยวิธีอื่นได้อีก ได้แก่ การพิสูจน์โดยเรขาคณิต

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การพิสูจน์วงรีเก้าจุดในงานวิจัยฉบับนี้ สร้างจุดทั้งเก้าจากรูปสามเหลี่ยมมุมฉากใด ๆ ซึ่งสามารถดำเนินการวิจัยต่อไปโดยสร้างจุดทั้งเก้าโดยสามเหลี่ยมใด ๆ

เอกสารอ้างอิง

- คชินทร์ โกขุนทาภรณ์. (2559). การใช้พีชคณิตในการพิสูจน์วงรีเก้าจุด. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*. 11(3), 121-135.
- ศรีบุตร์ แววจริณ และชนศักดิ์ บ้ายเที่ยง. (2544). *เรขาคณิตวิเคราะห์และการเขียนกราฟ 2 มิติ, 3 มิติ คณิตศาสตร์สำหรับวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: วังตะวันออก.
- อำพล ธรรมเจริญ. (2542). *แคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ ตอนที่ 1*. กรุงเทพฯ: พิกษ์การพิมพ์.
- MackKay, J. S. (1892). History of the Nine Point Circle. *Proceedings of the Edinburgh Mathematical Society*, (11). 19-61.
- Michael, D. V. (2005). A Generalization of the Nine – point circle and Euler line. *Pythagoras*. 62(December 2005), 31-35.
- Michael, D.V. (2006). The nine- point conic: a rediscovery and proof by computer. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. 37(1), 7-14.

การศึกษาคุณสมบัติบางประการของฟิล์มคีแตม

พรพฐ อัดแอ^{1*} วุฒิชัย นาครักษา^{1*}

บทคัดย่อ

ศึกษาปริมาณเจลโลสที่เหมาะสมในการผลิตฟิล์มคีแตม โดยใช้โคโตซาน 0.25 กรัมต่อเจลโลส 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 กรัม ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR พบว่า ฟิล์มคีแตมมีพีคในช่วง Wavenumbers 1635.37 ถึง 1636.84 cm^{-1} ปรากฏ แสดงให้เห็นถึงการเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างโคโตซานและเจลโลสที่เรียกว่า คีแตม (Chitam) และเมื่อนำฟิล์มที่ได้มาตรวจสมบัติบางประการของฟิล์มคีแตมที่ผลิตได้ พบว่า เมื่อดูภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พื้นผิวของฟิล์มคีแตมจะมีลักษณะขรุขระ ซึ่งฟิล์มคีแตมที่อัตราส่วนโคโตซานต่อเจลโลส 1:4 มีความแข็งแรงและยืดหยุ่นดีที่สุด และเมื่อเพิ่มปริมาณเจลโลสจะส่งผลให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ปนเปื้อนในฟิล์มคีแตมมีปริมาณลดลง แต่เมื่อนำมาตรวจความต้านทานการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (Clear zone) พบว่า ฟิล์มคีแตมไม่มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์

คำสำคัญ : ฟิล์มคีแตม, โคโตซาน, โซลโกลูแคน, เจลโลส, ความสามารถในการต้านจุลินทรีย์

¹ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร

* ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: woatthichai.na@kmitl.com และ 60608029@kmitl.com

STUDY ON SOME PROPERTIES OF CHITAM FILMS

Pornpatu Adair^{1*} Woatthichai Narkrugsa^{1*}

Abstract

Study the appropriate jellose content in film production was conducted production by using Chitosan 0.25 g per 0.25, 0.50, 0.75 and 1.00 g of jellose respectively. From the FTIR resuted that all of Chitam films had peak time in the period of wavenumbers 1635.37 to 1636.84 cm^{-1} . It shows the formation of a complex between chitosan and jellose, namely Chitam. Films were examine some properties with the morphological of film by SEM, chitam films has a rough surface. Chitam film from chitosan:jellose ratio at 1:4 had the highest values of tensile strength and elongation at break. From total plate count, it reviewed that increasing ratio of jellose all microorganism will be reduced. Regarding with clear zone analysis, it was found that Chitam film at are not antimicrobial activity.

Keywords : Chitam film, Chitosan, Xyloglucan, Jellose, Anitimicrobial activity

¹ Faculty of Agro-Industry King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Bangkok

* Corresponding author, e-mail: woatthichai.na@kmitl.com และ 60608029@kmitl.com

บทนำ

มะขาม (*Tamarindus indica* L.) เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ อยู่ในตระกูล Fabaceae (Leguminosae) เจริญเติบโตในประเทศต่างๆ มากกว่า 50 ประเทศทั่วโลก (Kumar *et al.*, 2008) ประเทศไทยเป็นแหล่งปลูกมะขามขนาดใหญ่ มีอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับมะขามเป็นจำนวนมาก ซึ่งผลิตภัณฑ์มะขามส่วนมากจะใช้เฉพาะส่วนของเนื้อมะขาม ส่วนของเมล็ดมะขามเป็นของเหลือทิ้ง ซึ่งเนื้อในเมล็ดมะขามในส่วนของเอนโดสเปิร์มจะใช้ผลิตผงเมล็ดมะขาม (Tamarind kernel powder: TKP) ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของผงเมล็ดมะขามประกอบด้วยสารโพลีแซคคาไรด์ 50–60% โดยโพลีแซคคาไรด์หลักที่พบคือ ไซโลกลูแคน หรือที่เรียกกันว่า เจลโลส (Marathe *et al.*, 2002)

เจลโลสประกอบไปด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 3 ชนิด คือ น้ำตาลกลูโคส (glucose) น้ำตาลไซโลส (xylose) และน้ำตาลกาแลคโตส (galactose) ในอัตราส่วน 3 : 2.5 : 1 โดยมี (1→4)- β -D-glucan และ (1→6)- α -D-xylose เป็นสายกิ่ง และมี (1→2)- β -D-galactose เข้าแทนที่บางส่วน (Goyal *et al.*, 2008) ซึ่งเจลโลสมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้สูงและละลายน้ำได้ดี มีความคงตัวต่อความร้อน ความเป็นกรดต่าง และแรงเฉือน จึงทำให้เจลโลสถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมต่างๆ (El-Sidding *et al.*, 2006) อาทิเช่น เป็นสารให้ความข้นหนืด สารให้ความคงตัว สารทดแทนไขมัน หรือเป็นแบ่งดัดแปรเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติการไหลและความร้อนของผลิตภัณฑ์ต่างๆ (Kumar *et al.*, 2008; El-Sidding *et al.*, 2006)

โคโตซานเป็นอนุพันธ์ของโคตินที่ไดจากการทำปฏิกิริยากำจัดหมู่อะซิติลของน้ำตาล N-acetyl-D-glucosamine ออกจากสายของโคตินตั้งแต่ 50 % ขึ้นไป (Aranaz *et al.*, 2014) ชื่อทางเคมีว่า Poly- β (1,2)-2-deoxy-D-glucose มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ไม่ละลายน้ำ แต่มีคุณสมบัติเป็น cationic polyelectrolyte, chelating และ dispersion forming และเนื่องจากมีหมู่ -NH₂ ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ทำให้โคโตซานสามารถละลายได้ในสารละลายกรดอ่อน (Kumar *et al.*, 2000) นอกจากนี้ยังมีประจุบนสายโมเลกุลจึงสามารถย่อยสลายเองได้ตามธรรมชาติ โดยไม่ก่อให้เกิดการตกค้างหรือเป็นมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม และยังมีคุณสมบัติในการดูดซับที่ดี ทำให้วัสดุเหล่านี้เหมาะที่จะนำมาเป็นวัสดุทางเลือกในอุตสาหกรรมผลิตโพลีเมอร์สังเคราะห์ (Tan *et al.*, 2009; Croisier *et al.*, 2013)

สำหรับคำว่า “คีแตม (Chitam)” นั้นมาจากคำ 2 คำรวมกันคือ คี (Chi) มาจากคำว่า Chitosan และ แตม (Tam) มาจากคำว่า Tamarind ซึ่งคีแตมเกิดจากการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างหมู่แอลดีไฮด์ของเจลโลสและหมู่อะมิโนของ โคโตซานด้วยพันธะโคเวเลนต์เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เรียกว่า คีแตม โดยที่อัตราส่วนของไซโลกลูแคนกับไซโตซาน 1:3 จะทำให้เจลที่ได้มีความแข็งแรงสูง สามารถทนต่อความร้อนได้ดี มีความสามารถในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ และสามารถนำมาใช้เป็นสารเติมแต่งอาหาร (food ingredient) ที่ดี (Simi *et al.*, 2009)

การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาปริมาณเจลโลสที่เหมาะสมในการผลิตฟิล์มคีแตม โดยใช้โคโตซาน 0.25 กรัมต่อเจลโลส 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 กรัม ตามลำดับ พร้อมทั้งตรวจสอบสมบัติบางประการของฟิล์มคีแตมที่ผลิตได้ อาทิเช่น ความหนา สัมฐานและรายละเอียดของลักษณะพื้นผิวของฟิล์ม ความสามารถในการต้านแรงดึงขาดและการยืดตัว (Tensile strength and Elongation at break) และความสามารถในการต้านจุลินทรีย์ (Antimicrobial activity) เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของเจลโลสที่มีผลต่อการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างเจลโลสกับไคโตซานในระหว่างกระบวนการผลิตฟิล์มคีแตม
2. เพื่อศึกษาสมบัติบางประการของฟิล์มคีแตมที่ผลิตได้

วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบ

ในการทดลองนี้ใช้เจลโลส (MW อยู่ระหว่าง $3.42 \times 10^5 - 10.1 \times 10^5$ ดาลตัน) จากบริษัท ปิ่นเพชร จำกัด จังหวัดเพชรบูรณ์ และไคโตซาน (Shrimp chitosan polymer type 40 Mesh Pass, MW 1.14×10^6 ดาลตัน) จาก Ta Ming enterprise Co., Ltd ประเทศไทย

การผลิตฟิล์มคีแตม

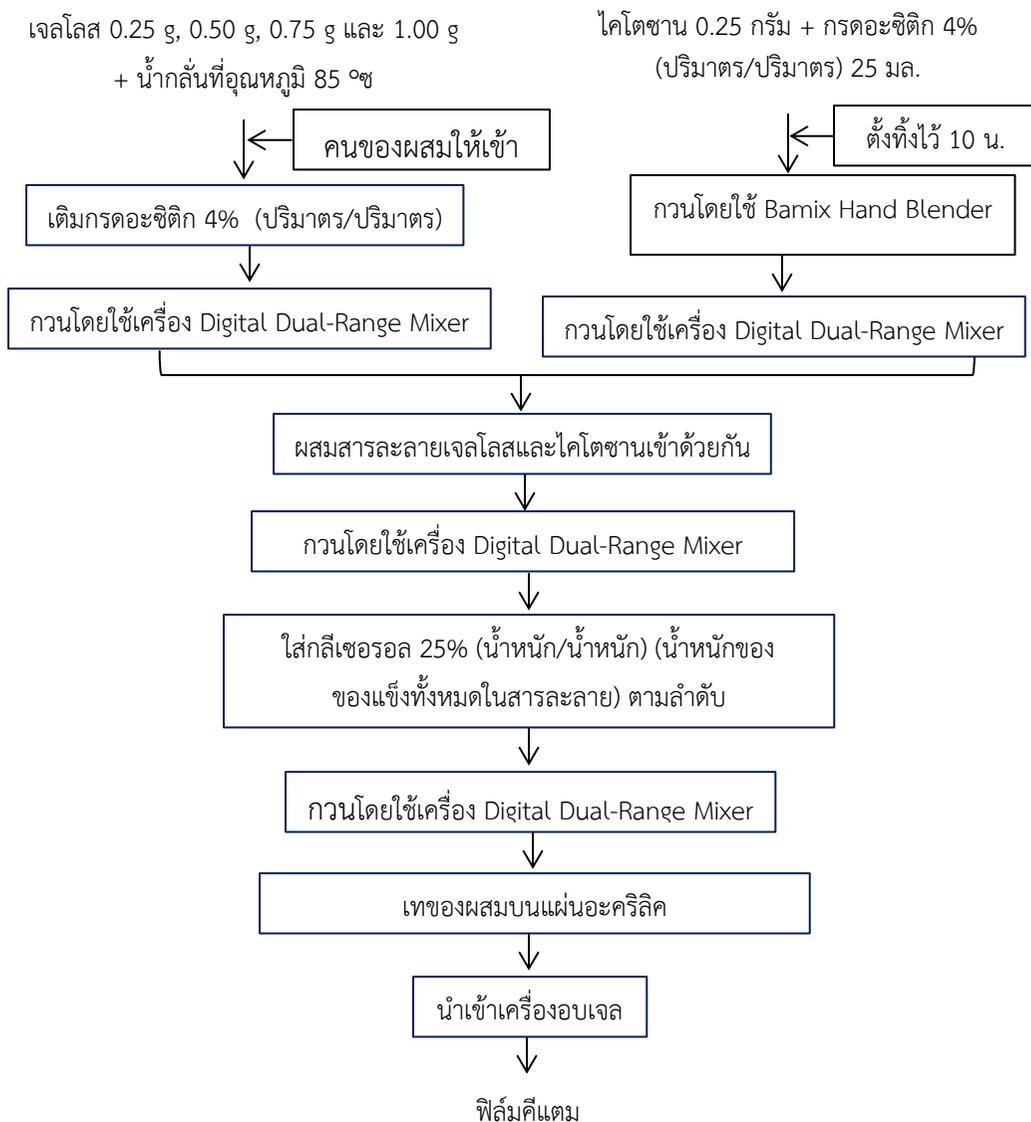
กำหนดอัตราส่วนของไคโตซานต่อเจลโลสที่ใช้ในการผลิตฟิล์มคีแตม ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์. (Completely Randomized Design: CRD) ซึ่งปัจจัยที่จะศึกษา คือ ปริมาณของเจลโลสที่เหมาะสมในการผลิตฟิล์มคีแตม

ตารางที่ 1 อัตราส่วนของไคโตซานต่อเจลโลสที่ใช้ในการผลิตฟิล์มคีแตม

อัตราส่วนของไคโตซานต่อเจลโลส	ไคโตซาน (กรัม)	เจลโลส (กรัม)
1:1	0.25	0.25
1:2	0.25	0.50
1:3	0.25	0.75
1:4	0.25	1.00

ขั้นตอนการผลิตฟิล์มคีแตมจะแบ่งสารละลายออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ สารละลายของเจลโลส โดยการนำเจลโลส 0.25 g, 0.50 g, 0.75 g และ 1.00 g มาละลายในน้ำกลั่นร้อนที่อุณหภูมิ 85 °C ปริมาตร 10 มล. ใช้แท่งแก้วคนสารคนของผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 15 นาที คนจนเจลโลสละลายหมด จากนั้นเติมกรดอะซิติก 4% (ปริมาตร/ปริมาตร) 25 มล. แล้วนำสารละลายเจลโลสที่ได้ไปกวนด้วยเครื่อง Digital Dual-Range Mixer ความเร็วรอบ 220 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที และในส่วนของสารละลาย จะนำไคโตซาน 0.25 กรัม มาละลายกรดอะซิติก 4% (ปริมาตร/ปริมาตร) ปริมาตร 25 มล. ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที จนไคโตซานละลาย แล้วกวนด้วยเครื่อง Bamix Hand Blender ระดับความเร็วสูงสุด ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นกวนสารละลายไคโตซานด้วยเครื่อง Digital Dual-Range Mixer ความเร็วรอบ 220 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 นาที แล้วจึงเทสารละลายทั้ง 2 ส่วนผสมรวมกัน แล้วกวนต่อด้วยเครื่อง Digital Dual-Range Mixer ความเร็วรอบ 220 รอบ/นาที เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นเติมกลีเซอรอล 25% (น้ำหนัก/น้ำหนัก) (น้ำหนักของของแข็งทั้งหมดในสารละลาย) ตามลำดับ แล้วกวนต่อด้วยเครื่อง Digital Dual-Range Mixer ความเร็วรอบ 220 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเทของผสมลงบนแผ่นอะคริลิกขนาด 10×12

ชม. นำเข้าเครื่องอบเจล ที่อุณหภูมิ 37.5 °ซ เป็นเวลา 6 ชม. แล้วจึงลอกแผ่นฟิล์มออก จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณลักษณะและสมบัติบางประการของฟิล์มที่ผลิตได้



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการผลิตฟิล์มคีแตม

ศึกษาผลของเจลโลสที่มีผลต่อการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างเจลโลสกับไคโตซานในระหว่างกระบวนการผลิตฟิล์มคีแตม

FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)

โดยใช้เครื่อง FTIR ยี่ห้อ Thermo scientific รุ่น Nicolet 6700 ประเทศเยอรมัน

การศึกษาสมบัติบางประการของฟิล์มคีแตมที่ผลิตได้

ความหนา (Thickness)

วัดความหนาด้วยไมโครมิเตอร์แบบดิจิตอล โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ISO 4593:1993 (ISO standard, 1993) สุ่มวัด 5 ตำแหน่ง (บนชิ้นทดสอบ 5x5 ตร.ซม.) แล้วหาค่าเฉลี่ยความหนาของฟิล์ม

scanning electron microscope (SEM)

การศึกษาสัณฐานและรายละเอียดของลักษณะพื้นผิวของฟิล์ม โดยใช้ Scanning Electron Microscopy (SEM) ยี่ห้อ LEO รุ่น LEO 1455 VP ประเทศเยอรมัน ที่กำลังขยาย 1000 และ 5000 เท่า

ความสามารถในการต้านแรงดึงขาดและการยืดตัว (Tensile strength and Elongation at break)

โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ตาม ASTM D 882 เป็นมาตรฐานการทดสอบคุณสมบัติแรงดึงยึดของแผ่นฟิล์มและซีทพลาสติกบางที่มีความหนาน้อยกว่า 1 มม. หรือ 0.04 นิ้ว

ความสามารถในการต้านจุลินทรีย์

โดยการตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด (Total viable count) โดยใช้วิธีพอร์เพลท และทดสอบความต้านทานการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (Clear zone) โดยใช้วิธี Disk diffusion (มาตรฐาน AATCC 147)

ผลการวิจัย

ศึกษาผลของเจลโลสและกลีเซอรอลที่มีผลต่อการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างเจลโลสกับไคโตซานในระหว่าง

FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)

จากผลการวิเคราะห์ FTIR ด้วยเครื่อง FTIR ดังแสดงในภาพที่ 2 พบว่าฟิล์มคีแตมมีพีคในช่วง Wavenumbers 1635.37 ถึง 1636.84 cm^{-1} ปรากฏ แสดงให้เห็นถึงหมู่ aliphatic secondary amides ซึ่งชี้ให้เห็นว่า กรดอะมิโน 4% (pH ประมาณ 3) พันธะไกลโคซิดิก (glycosidic bond) ของไซโลกลูแคนจะถูกไฮโดรไลซ์ด้วยกรด (Acid Hydrolysis) ส่งผลให้วงแหวนของเจลโลสที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) เปิดออก และเกิดหมู่แอลดีไฮด์ (-CHO) ขึ้น จากนั้นจะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างหมู่แอลดีไฮด์ (-CHO) ของเจลโลสและหมู่อะมิโน (-NH₂) ของไคโตซานด้วยพันธะโคเวเลนต์เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เรียกว่า คีแตม (Chitam) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Simi *et al.* (2009)

การศึกษาสมบัติบางประการของฟิล์มคีแตมที่ผลิตได้

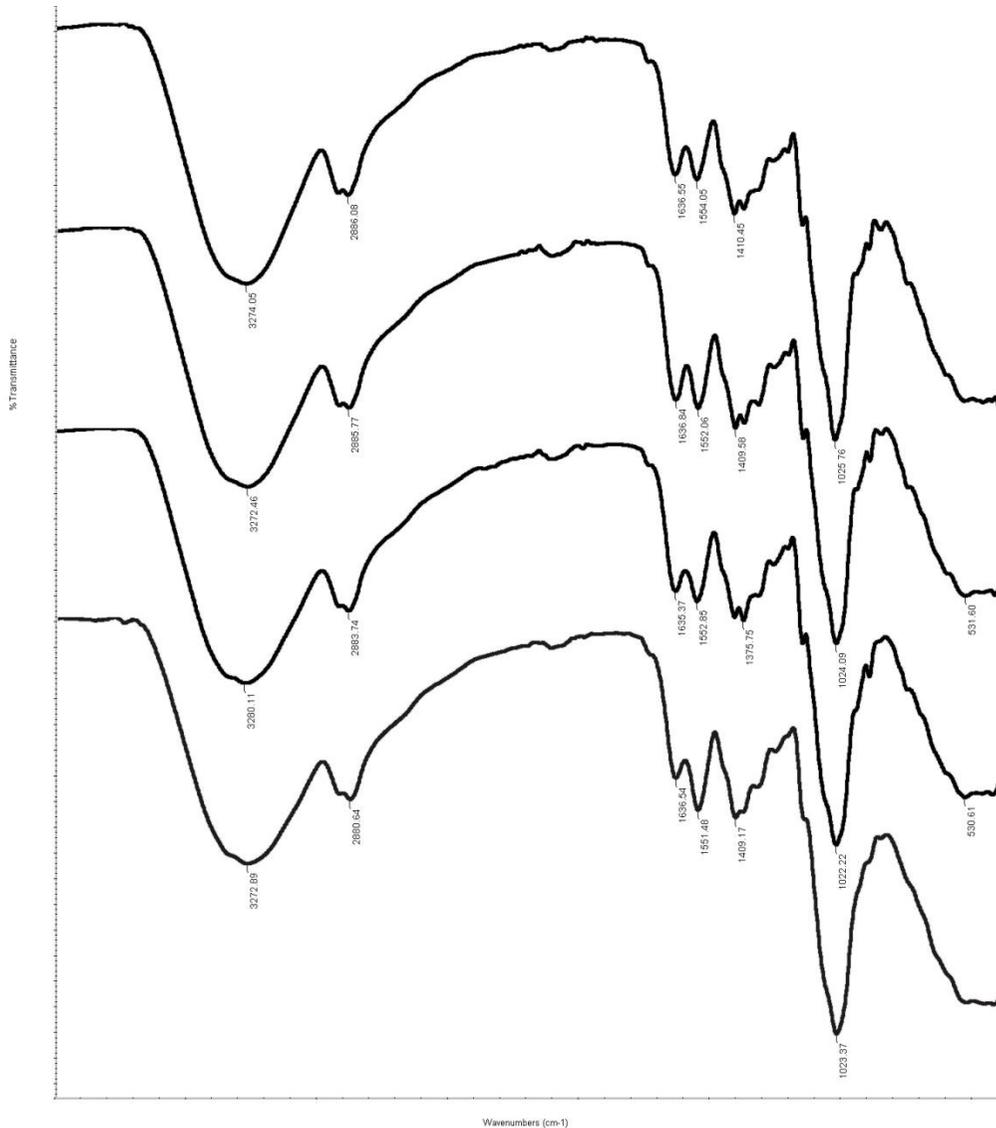
ความหนา (Thickness)

ฟิล์มคีแตมในอัตราส่วนโคโตซานต่อเจลโลส 1:1 , 1:2 และ 1:3 มีค่าความหนาไม่แตกต่างกัน แต่มีความหนาน้อยกว่าฟิล์มคีแตมในอัตราส่วนโคโตซานต่อเจลโลส 1:4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าฟิล์มคีแตมที่มีการเพิ่มปริมาณเจลโลสในอัตราส่วนโคโตซานต่อเจลโลสเป็น 1:1 , 1:2 และ 1:3 ไม่มีผลทำให้ฟิล์มคีแตมมีความหนาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเจลโลสในอัตราส่วนโคโตซานต่อเจลโลสเป็น 1:4 จะทำให้ฟิล์มคีแตมที่ได้มีความหนาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 2 แสดงค่าความหนาของฟิล์มคีแตม

อัตราส่วนของโคโตซานต่อเจลโลส	ความหนา (มม.)
1:1	0.06 ± 0.01^a
1:2	0.05 ± 0.01^a
1:3	0.08 ± 0.01^b
1:4	0.09 ± 0.01^{bc}

หมายเหตุ: ^{a-c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งและแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

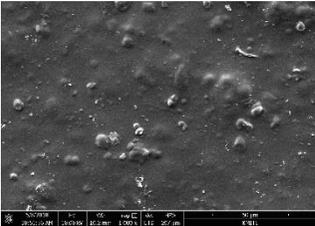
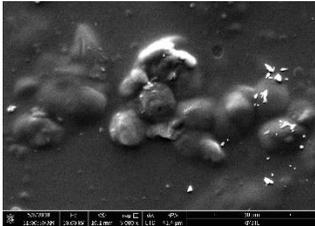
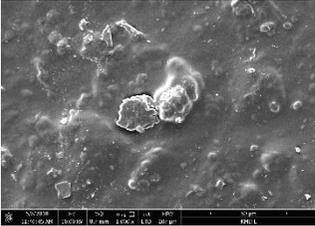
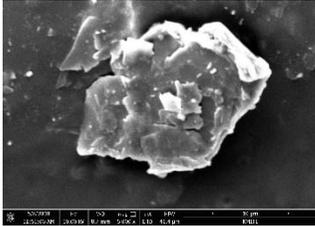
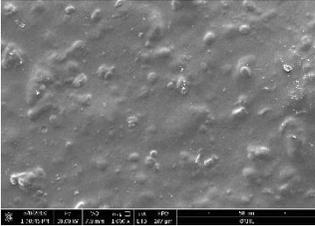
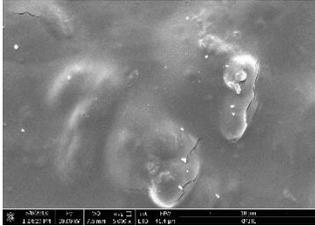
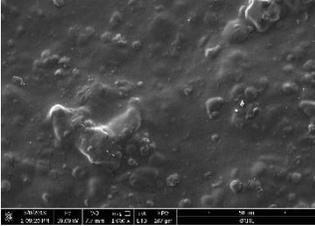
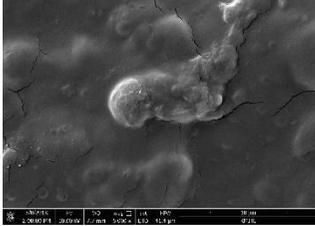


ภาพที่ 2 FTIR spectra ของ ก, ข, ค และ ง फिल्मคี่แตมที่อัตราส่วนไคโตซานต่อเจลโลส 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4 ตามลำดับ โดยเติมกลีเซอรอล 25 % (น้ำหนัก/น้ำหนัก) (น้ำหนักของของแข็งทั้งหมดในสารละลาย)

scanning electron microscope (SEM)

ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) (ตารางที่ 3) แสดงให้เห็นถึงลักษณะพื้นผิวของฟิล์มชนิดต่างๆ ที่แตกต่างกัน กล่าวคือ พื้นผิวของฟิล์มคี่แตมจะมีลักษณะขรุขระ และพบการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างหมู่แอลดีไฮด์ (-CHO) ของเจลโลสและหมู่เอมีน (-NH₂) ของไคโตซาน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR (ภาพที่ 1, 2 และ 3) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Simi *et al.* (2009)

ตารางที่ 3 ลักษณะพื้นผิวของฟิล์มคีแตม โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 1000 และ 5000 เท่า

อัตราส่วนของโคโตซานต่อเจลโลส	ระดับกำลังขยาย (เท่า)	
	1000	5000
1:1		
1:2		
1:3		
1:4		

ความสามารถในการต้านแรงดึงขาดและการยืดตัว (Tensile strength and Elongation at break)

จากผลการวิเคราะห์ค่าความสามารถในการต้านแรงดึงขาดและการยืดตัวของฟิล์มคีแตม โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่าฟิล์มคีแตมในอัตราส่วนโคโตซานต่อเจลโลส 1:4 มีความสามารถในการต้านแรงดึงขาดและการยืดตัวของฟิล์มมาก

ที่สุด กล่าวคือ फिल्मชนิดนี้มีความแข็งแรงและยืดหยุ่นดีที่สุด ซึ่งเมื่อเพิ่มปริมาณเจลโลสจะทำให้ฟิล์มคิแตมที่ได้มีความสามารถในการต้านแรงดึงขาดและการยืดตัวเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากอัตราส่วนระหว่างไคโตซานต่อเจลโลสที่เหมาะสมจะทำให้เกิดการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างเจลโลสและไคโตซานที่เหมาะสม ส่งผลให้ฟิล์มที่ได้เกิดจากพอร์มเจลที่แข็งแรงและยืดหยุ่น

ตารางที่ 4 แสดงค่าความสามารถในการต้านแรงดึงขาดและการยืดตัวของฟิล์มคิแตม

อัตราส่วนของไคโตซานต่อเจลโลส	ค่าการต้านแรงดึงขาด (กรัม×แรง)	ค่าระยะทางในการดึงขาด (มม.)
1:1	2,355.56 ± 73.83 ^{ab}	13.60 ± 0.53 ^a
1:2	2,736.07 ± 84.20 ^{bc}	14.26 ± 0.21 ^{ab}
1:3	3,103.68 ± 25.13 ^{cd}	14.69 ± 0.14 ^b
1:4	3,485.59 ± 32.08 ^d	14.90 ± 0.04 ^b

หมายเหตุ: ^{a-d} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งและแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ความสามารถในการต้านจุลินทรีย์

การตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด (Total viable count)

จากผลการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งหมด (ตารางที่ 5) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเจลโลสจะส่งผลให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ปนเปื้อนในฟิล์มคิแตมมีปริมาณลดลง ซึ่งอาจจะเป็นไปได้ว่าอัตราส่วนของไคโตซานต่อเจลโลสที่เหมาะสมจะทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างเจลโลสและไคโตซานที่เหมาะสม ทำให้ฟิล์มคิแตมที่ได้มีฤทธิ์ในการต้านการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Simi *et al.* (2009)

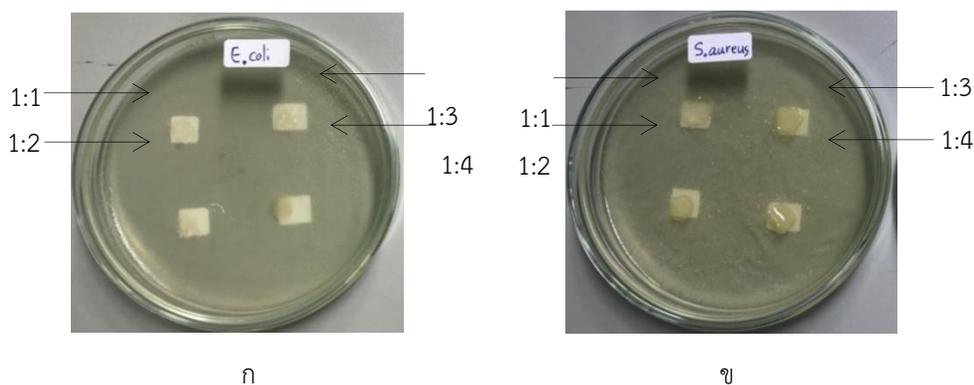
ตารางที่ 5 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ปนเปื้อนในฟิล์มคิแตม

อัตราส่วนของไคโตซานต่อเจลโลส	ผลการตรวจนับ CFU/g (หรือ CFU/ml)
1:1	< 2.5×10 ⁴ ^c
1:2	< 2.5×10 ⁴ ^c
1:3	< 2.5×10 ³ ^b
1:4	< 2.5×10 ¹ ^a

หมายเหตุ: ^{a-c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งและแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ความต้านทานการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (Clear zone)

จากผลการตรวจวิเคราะห์ความต้านทานการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (Clear zone) ของฟิล์มคีแตมที่อัตราส่วนต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 3 พบว่าฟิล์มคีแตมที่อัตราส่วนต่างๆ ทั้ง 4 ชนิด ไม่พบบริเวณ Clear zone บนอาหารแข็ง Nutrient Agar (NA) ที่ผสมเชื้อ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* หลังจากบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 °ซ นาน 24 ชั่วโมง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าฟิล์มคีแตมทั้ง 4 ชนิดนี้ไม่มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* ดังนั้นควรเพิ่มสารประกอบอื่นๆ ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ร่วมกับการผลิตฟิล์มคีแตม เพื่อเสริมคุณสมบัติของฟิล์มให้มีฤทธิ์ในการต้านทานการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ตี อาทิเช่น การใช้นาโนอิมัลชันซินนามาลดีไฮด์ ซึ่ง Huanle et al. (2016) ได้ทำการศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* และเชื้อรา *Candida Albicans* HG01 ของฟิล์มโคโตซานร่วมกับการใช้นาโนอิมัลชันซินนามาลดีไฮด์ พบว่านาโนอิมัลชันซินนามาลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 1.5 และ 2.0 % มีผลในการยับยั้ง *E. coli* และ *S. aureus* และมีผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของนาโนอิมัลชันซินนามาลดีไฮด์



ภาพที่ 3 ผลการตรวจวิเคราะห์ Clear zone ที่อุณหภูมิ 37 °ซ นาน 24 ชม. ของฟิล์มคีแตม ก. ฟิล์มคีแตมที่อัตราส่วนต่างๆ บนอาหารแข็ง Nutrient Agar (NA) ที่ผสมเชื้อ *Escherichia coli* และ ข. ฟิล์มคีแตมที่อัตราส่วนต่างๆ บนอาหารแข็ง Nutrient Agar (NA) ที่ผสมเชื้อ *Staphylococcus aureus*

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาปริมาณเจลโลสที่เหมาะสมในการผลิตฟิล์มคีแตม โดยใช้โคโตซาน 0.25 กรัมต่อเจลโลส 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 กรัม ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR พบว่า ฟิล์มคีแตมมีพีคในช่วง Wavenumbers 1635.37 ถึง 1636.84 cm^{-1} ปรากฏ แสดงให้เห็นถึงหมู่ aliphatic secondary amides ซึ่งชี้ให้เห็นว่า กรดอะซิติก 4% พันธะไกลโคซิดิกของเจลโลสจะถูกไฮโดรไลซ์ด้วยกรด (Acid Hydrolysis) ส่งผลให้วงแหวนของเจลโลสที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) เปิดออก และเกิดหมู่แอลดีไฮด์ (-CHO) ขึ้น จากนั้นจะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง

- Huanle, C., Xiaorong, H., Enmin, C., Shan, W., David, J.M., Shilin, L., Bin, L. and Yan, L. (2016). **Preparation, characterization, and properties of chitosan films with cinnamaldehyde nanoemulsions.** Food Hydrocolloids. 61: 662-671.
- Kumar, M.N.R. (2000). **A review of chitin and chitosan applications.** Reactive and Functional Polymers. 46(1): 1-27.
- Marathe, R.M., Annapure, U.S., Singhal, R.S. Singhal, R.S. and Kulkarni, P.R. (2002). **Gelling behavior of polyse from tamarind kernel polysaccharide.** Food hydrocolloids. 16: 423-426.
- Simi C.K. (2009). **Transparent xyloglucan-chitosan complex hydrogels for different applications.** Food Hydrocolloids. 2010: 72-80.
- Tan, H., Chu, C.R., Payne, K.A. and Marra K.G. (2009). **Injectable in situ forming biodegradable chitosan-hyaluronic acid based hydrogels for cartilage tissue engineering.** Biomaterials. 30(13): 2499-2506.

การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความหนืด, พฤติกรรมการไหล และคุณสมบัติทางกายภาพบางประการ ของแป้งเมล็ดมะขามที่ได้จากเมล็ดมะขามหวานและเปรี้ยวของประเทศไทย

พรรณวดี จุลภักดี^{1*} วุฒิชัย นาครักษา^{1*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความหนืด, พฤติกรรมการไหล และคุณสมบัติทางกายภาพบางประการ ของแป้งเมล็ดมะขามที่ได้จากเมล็ดมะขามหวาน (พันธุ์ศรีชมภู) และเมล็ดมะขามเปรี้ยว (พันธุ์กระตาน) โดยจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเมล็ดมะขามที่ความเข้มข้น 3 % ด้วยเครื่องบราเบนเดอร์วิสโคอะไมโลกราฟ พบว่า แป้งเมล็ดมะขามหวานมีอุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด, ค่าความหนืดสูงสุด และค่า setback แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ กับแป้งเมล็ดมะขามเปรี้ยว เมื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลของแป้งเมล็ดมะขามที่ความเข้มข้น 3 % ด้วยบรูคฟิลด์วิสโคมิเตอร์ ที่อุณหภูมิ 25 ± 1 °ซ พบว่า แป้งเมล็ดมะขามหวานมีค่าความหนืดปรากฏน้อยกว่าแป้งเมล็ดมะขามเปรี้ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยแป้งเมล็ดมะขามทั้งสองสายพันธุ์ แสดงพฤติกรรมการไหลแบบ Non-newtonian ชนิด pseudoplastic ในด้านคุณสมบัติทางด้านอิมันชัน พบว่า ค่า Emulsifying activity (EA) และ Emulsion stability (ES) ของแป้งเมล็ดมะขามทั้งสองสายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และในด้านคุณสมบัติในการดูดซับน้ำและคุณสมบัติในการละลาย พบว่า แป้งเมล็ดมะขามหวานมีค่าการดูดซับน้ำน้อยกว่าแป้งเมล็ดมะขามเปรี้ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่มีค่าการการละลายมากกว่า

คำสำคัญ : แป้งเมล็ดมะขาม การเปลี่ยนแปลงทางด้านความหนืด พฤติกรรมการไหล มะขามหวาน มะขามเปรี้ยว

¹ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

* ผู้นิพนธ์หลักและผู้ร่วมนิพนธ์ e-mail: woatthichai.na@kmitl.ac.th, 60608009@kmitl.ac.th

COMPARISON OF PASTING CHARACTERISTICS, FLOW BEHAVIOR AND SOME PHYSICAL PROPERTIES OF TAMARIND KERNEL POWDER FROM SWEET AND SOUR TAMARIND VARIETIES OF THAILAND

Punwadee Julapuk^{1*} Woatthichai Narkrugs^{1*}

Abstract

This research aims to comparison of pasting characteristics, flow behavior and some physical properties of Tamarind kernel powder (TKP) from sweet (Sri Chom Phu variety) and sour (Grà Daan variety) Tamarind seed. From the study the pasting characteristics of TKP at 3 % concentration, the results showed that sweet TKP had the Pasting temperature, maximum viscosity and setback were significantly different at $p < 0.05$ level with sour TKP. When study the flow behavior of TKP at 3 % concentration by Brookfield viscometer at $25 \pm 1^\circ \text{C}$, it reviewed that sweet TKP showed less apparent viscosity (2463.67 ± 105.99 mPa.s) than sour TKP (3297.00 ± 172.50 mPa.s) statistically significant ($p < 0.05$). Both TKP showed non-newtonian flow behavior and pseudoplastic fluid type. In terms of emulsifying properties, it showed that the emulsifying activity (EA) and emulsion stability (ES) of both TKP showed no statistically significant difference ($p > 0.05$). Water absorption index (WAI) and water solubility index (WSI) of sweet TKP had significantly less WAI than sour TKP, while WSI greater statistically significant ($p < 0.05$).

Keywords : Tamarind kernel powder, Pasting characteristic, Flow behavior, Sweet tamarind, Sour tamarind

¹ Faculty of Agro-Industry King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Bangkok

* Corresponding author, e-mail: woatthichai.na@kmitl.com และ 60608029@kmitl.com

บทนำ

มะขาม (Tamarind) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Tamarindus indica* L. เป็นไม้ยืนต้นตระกูลถั่วที่มีขนาดใหญ่ ปัจจุบันมีปลูกกันมากโดยเฉพาะในเอเชีย เช่น อินเดีย บังคลาเทศ ศรีลังกา ไทย และอินโดนีเซีย (Kumar and Bhattacharya, 2008) ฝักมะขามเป็นแบบผลเดี่ยวแต่มีหลายเมล็ด เมล็ดมะขามเมื่อฝักแก่จะมีสีน้ำตาลเข้มเป็นมันเงา ลักษณะรูปร่างแบนเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า ยาวประมาณ 1 เซนติเมตร มีเมล็ด 1-10 เมล็ดต่อฝักซึ่งจะขึ้นอยู่กับความยาวของฝักแต่ละสายพันธุ์ (ชูศักดิ์, 2550) เมล็ดมะขามเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตเนื้อมะขาม (Marathe *et al.*, 2002)

เมล็ดมะขามประกอบด้วยเปลือก (seed coat) ซึ่งมีสีน้ำตาลแดง 20 – 30 % และเนื้อในเมล็ดที่มีสีขาวนวล 70 – 80 % (Kaur *et al.*, 2011) เนื้อในเมล็ดมะขามถูกใช้ในการผลิตแป้งเมล็ดมะขาม (Tamarind kernel polysaccharide : TKP, Tamarind seed polysaccharide : TSP, Tamarind kernel flour : TKF, Tamarind kernel powder : TKP) และเจลาโลส (Jellose) หรือ กัมจากเมล็ดมะขาม (Tamarind seed gum : TSG, Tamarind seed xyloglucan : TSX) (Marathe *et al.*, 2002)

แป้งเมล็ดมะขามมีองค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต 65.1-72.2 %, โปรตีน 17.1-20.1 %, ไขมัน 6.0-8.5 %, เส้นใยร้อยละ 0.7-4.3 % และเถ้า 2.3-3.2 % โดยประมาณ (Kumar and Bhattacharya, 2008) โครงสร้างประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสต่อกันเป็นสายหลัก β -1,4 เชื่อมกับ D-glucan มีสายกิ่งเป็นน้ำตาลไซโลส โดยที่ตำแหน่ง O-6 ของ glucopyranosyl residue ถูกแทนที่ด้วย α -D-xylapyranose และมีกิ่งของน้ำตาลกลาแลคโตสจับกับกิ่งของน้ำตาลไซโลส (York *et al.*, 1990 ; Nisbet *et al.*, 2006) ปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารในญี่ปุ่นอนุญาตให้ใช้แป้งเมล็ดมะขามและเจลาโลส สำหรับใช้เป็น สารให้ความข้นหนืด (thickening), สารให้ความคงตัว (stabilizing) และสารที่ทำให้เกิดเจล (gelling agents) เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติด้านการไหลและความคงตัวของผลิตภัณฑ์ (Marathe *et al.*, 2002)

จากการสืบค้นไม่พบการศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความหนืดและพฤติกรรมการไหลของแป้งเมล็ดมะขามที่ได้จากแป้งเมล็ดมะขามหวานและเปรี้ยว แต่พบว่า Chaisakdanugull และ Sriroth (2005) ได้ทำการศึกษาผลของการกำจัดเปลือกต่อคุณสมบัติด้านการไหลของแป้งเมล็ดมะขามที่ได้จากวิธี 1. เมล็ดมะขามที่ผ่านการลอกเปลือกโดยไม่ใช้ความร้อน 2. ลอกเปลือกเมล็ดมะขามโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 150 °ซ นาน 15 นาที และ 3. ลอกเปลือกเมล็ดมะขามโดยการคั่วที่อุณหภูมิ 200 °ซ นาน 2 นาที นำมาศึกษาพฤติกรรมการไหลและการเปลี่ยนแปลงความหนืดพบว่า แป้งเมล็ดมะขามที่ความเข้มข้น 3% ของแต่ละวิธี แสดงพฤติกรรมการไหลแบบ non-newtonian ชนิด pseudoplastic โดยแป้งเมล็ดมะขามจากวิธี 1. มีค่า flow behavior index (n) น้อยกว่า ขณะที่ค่า k ค่ามากกว่า แป้งเมล็ดมะขามจากวิธีที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p > 0.05$ และ แป้งเมล็ดมะขามที่ความเข้มข้น 3% จากวิธีที่ 1. ให้ค่าความหนืดสูงสุดและความหนืดสุดท้ายมากกว่า วิธีที่ 2. และ 3. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p > 0.05$ หนึ่งฤทัย (2552) ทำการศึกษาอิทธิพลของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟต่อคุณสมบัติของแป้งเมล็ดมะขาม โดยต้มเมล็ดมะขามในน้ำที่อุณหภูมิ 80 °ซ นาน 60 นาที นำไปอบแห้งด้วยตู้อบไมโครเวฟด้วยกำลังไฟฟ้า 900 วัตต์ นาน 8 นาที เอาเปลือกหุ้มเมล็ดออก บดและร่อนผ่านตะแกรง 80 เมช จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเมล็ดมะขามที่ความเข้มข้น 6 % พบว่า แป้งเมล็ดมะขามมีอุณหภูมิเริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืดที่ 30.6 °ซ, ค่าความหนืดสูงสุดเท่ากับ $2,272.3 \pm 232.4$ BU, breakdown เท่ากับ 404 ± 77.6 BU และ setback เท่ากับ $1,488.3 \pm 36.7$ BU และจากการศึกษาพฤติกรรมการไหลของแป้งเมล็ดมะขามที่ความเข้มข้น 3 % พบว่าแป้งเมล็ดมะขามมีค่า flow behavior index (n) เท่ากับ 0.88 ซึ่งแสดงพฤติกรรมการไหลแบบ non-newtonian ชนิด

pseudoplastic โดย มีค่าความหนืดปรากฏ เท่ากับ 2698.33 ± 4.04 cps Eiamsaard และ Narkrugs (2012) ทำการศึกษาคุณสมบัติด้านการไหลของแป้งเมล็ดมะขามที่ได้จากวิธีการให้ความร้อนที่ต่างกัน โดยนำเมล็ดมะขามที่ผ่านการกำจัดเปลือก > 80 % มาต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 45 นาที จากนั้นบดและทำให้แห้ง โดยวิธีที่ 1. ให้ความร้อนในอุโมงค์ไมโครเวฟ (400 วัตต์ เป็นเวลา 15 นาที, TKF1) และ วิธีที่ 2. ให้ความร้อนในตู้อบความร้อนแบบบถ (70 °ซ เป็นเวลา 1.30 ชั่วโมง, TKF2) พบว่า การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเมล็ดมะขามที่ความเข้มข้น 6 % ให้ค่า setback ของ TKF1 เท่ากับ 1481.50 ± 9.19 BU และ TKF2 เท่ากับ 1422.00 ± 14.14 BU ค่าความหนืดสูงสุด และ breakdown ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p > 0.05$ และจากการศึกษาพฤติกรรมไหลแป้งเมล็ดมะขามที่ความเข้มข้น 3% พบว่า ค่า flow behavior index (n) ของ TKF1 เท่ากับ 0.95 ± 0.01 และ TKF2 เท่ากับ 0.93 ± 0.01 แป้งเมล็ดมะขามทั้งสองวิธี แสดงพฤติกรรมไหลแบบ non-newtonian ชนิด pseudoplastic โดย TKF1 มีค่าความหนืดปรากฏ เท่ากับ 2698.33 ± 4.04 cps และ TKF2 เท่ากับ 2634.00 ± 3.00 cps

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพบางประการ การเปลี่ยนแปลงความหนืดและพฤติกรรมไหลของแป้งเมล็ดมะขามที่ได้จากเมล็ดมะขามหวาน (พันธุ์ศรีชมภู) และเมล็ดมะขามเปรี้ยว (พันธุ์กระดาน)
2. เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบ
แป้งเมล็ดมะขาม จากเมล็ดมะขามหวาน (พันธุ์ศรีชมภู) และเมล็ดมะขามเปรี้ยว (พันธุ์กระดาน) ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทปิ่นเพชรจำกัด จังหวัดเพชรบูรณ์, ประเทศไทย
2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเมล็ดมะขาม (Pasting characteristic)
นำตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของแป้ง 3 % (dry basis) มาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมทางด้านความหนืดของน้ำแป้ง ด้วยเครื่องบราเบนเดอรวีคโคอะไมโลกราฟ (Brabender viscograph E, ประเทศเยอรมัน) ตามวิธีการของ Chaisakdanakull and Sriroth, (2005) โดยนำตัวอย่างแป้งเมล็ดมะขามมาละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 500 มิลลิลิตร น้ำแป้งจะถูกให้ความร้อนที่ 25 °ซ โดยใช้อัตราเร็ว 1.5 °ซ/นาที จนถึง 95 °ซ และคงไว้ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 50 °ซ โดยใช้อัตราเร็ว 1.5 °ซ/นาที โดยมีความเร็วรอบของการหมุน paddle เท่ากับ 160 รอบ/นาที บันทึกค่า Pasting temperature, Peak viscosity, Breakdown และ Setback
3. ศึกษาพฤติกรรมไหลของแป้งเมล็ดมะขาม (Flow Behavior) ดัดแปลงจากวิธีการของ Chaisakdanakull and Sriroth, (2005)
เตรียมตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของแป้ง 3 % (dry basis) โดยนำแป้งเมล็ดมะขามมาละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ให้ความร้อนจนกระทั่งอุณหภูมิมากกว่า 85 °ซ คงไว้ที่อุณหภูมิช่วงนี้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง(คนตัวอย่างเรื่อยๆด้วยแท่งแก้ว) จากนั้นทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ตัวอย่างจะถูกวัดที่อุณหภูมิ 25 ± 1 °ซ ด้วยเครื่องบรูคฟิลด์ วิสโคมิเตอร์ (Brookfield viscometer DV – III, ประเทศสหรัฐอเมริกา) โดยใช้หัววัดเบอร์ 34 นำตัวอย่างใส่ลงใน sample cup และรอให้ตัวอย่างปรับสมดุล 20 นาที จากนั้นให้อัตราเฉือน (shear rate) ตั้งแต่ 0.5 – 8.0 rpm ภายในเวลา 3 นาที และคงไว้ที่อัตราเฉือนนี้เป็นเวลา 5 นาที แล้วลดอัตราเฉือนลงจาก

8.0 – 0.5 rpm ภายในเวลา 3 นาที บันทึกค่า ความหนืดปรากฏ (Apparent viscosity) ความเค้นเฉือน (Shear stress, N/m²) และอัตราเฉือน (Shear rate, 1/sec)

จาก power law model ตามสมการ $\eta = ky^{n-1}$ คำนวณหาค่า n = flow behavior index และ k = consistency index โดยวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงเส้นจาก $\log \eta = \log k + (n-1) \log y$ โดย η = apparent viscosity และ y = shear stress

4. ศึกษาคุณสมบัติทางด้านอิมัลชัน (Emulsifying properties) (ดัดแปลงจาก Yasumatsu *et al.*, 1972)

Emulsifying activity เตรียมตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของแป้งเมล็ดมะขาม 3 % (dry basis) โดยนำแป้งเมล็ดมะขามมาละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร นำตัวอย่างมาให้ความร้อนจนกระทั่งอุณหภูมิมากกว่า 85 °ซ คงไว้ที่อุณหภูมิช่วงนี้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (คนตัวอย่างเรื่อยๆด้วยแท่งแก้ว) ทำให้เย็นลงถึงอุณหภูมิห้อง เติมน้ำมันถั่วเหลือง 100 มิลลิลิตรลงในแต่ละตัวอย่าง แล้วทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้เครื่องโฮโมจีไนส์เซอร์ (Homogenizer, ประเทศเยอรมัน) ที่ความเร็วรอบ 10,000 rpm เป็นเวลา 1 นาที แบ่งของผสมใส่ใน centrifugal tubes นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge Thermo Legend mach 1.6R, ประเทศเยอรมัน) ที่ 1300 g เป็นเวลา 5 นาที

ค่า Emulsifying activity สามารถคำนวณได้จาก

$$EA = (\text{ความสูงของ emulsified layer}) / (\text{ความสูงของ whole layer}) = 100\%$$

Emulsion stability เตรียมตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของแป้งเมล็ดมะขาม 3 % (dry basis) โดยนำแป้งเมล็ดมะขามมาละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร นำตัวอย่างมาให้ความร้อนจนกระทั่งอุณหภูมิมากกว่า 85 °ซ คงไว้ที่อุณหภูมิช่วงนี้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (คนตัวอย่างเรื่อยๆด้วยแท่งแก้ว) จากนั้นเติมน้ำมันถั่วเหลือง 100 มิลลิลิตร ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 °ซ เป็นเวลา 30 นาที ทำให้เย็นลงถึงอุณหภูมิห้องแบ่งของผสมใส่ใน centrifugal tubes นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge Thermo Legend mach 1.6R, ประเทศเยอรมัน) ที่ 1300 g เป็นเวลา 5 นาที

ค่า Emulsion stability สามารถคำนวณได้จาก

$$ES = (\text{ความสูงของ remaining emulsified layer}) / (\text{ความสูงของ whole layer}) = 100\%$$

5. ศึกษาคุณสมบัติในการดูดซับน้ำและคุณสมบัติในการละลาย (Water absorption index; WAI and Water solubility index; WSI) (ดัดแปลงจาก Narkrugsa, 1996)

เตรียมตัวอย่างแป้งเมล็ดมะขาม โดยนำแต่ละตัวอย่างมาชั่งประมาณ 2.5 กรัม (dry basis) (W₀) ผสมกับน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร ในหลอดหมุนเหวี่ยงและปิดฝาให้สนิท นำไปแช่ใน water bath ที่มีอุณหภูมิ 30 °ซ เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำของผสมมาชั่งน้ำหนัก (W₁) แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge Hettich Universal 320, ประเทศเยอรมัน) ที่ความเร็วรอบ 8000 rpm เป็นเวลา 10 นาที ชั่งน้ำหนักส่วนที่เป็นของแข็งที่เหลืออยู่ในหลอดหมุนเหวี่ยง (W₂) หลักรจากแยกส่วนที่เป็นของเหลวออก นำค่าที่ได้ไปคำนวณค่าความสามารถในการดูดซับน้ำ จากนั้นนำส่วนที่เป็นของเหลว 10 มิลลิลิตร ที่ได้จากการแยกในหลอดหมุนเหวี่ยงใส่ลงใน aluminum can ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน นำไปอบที่อุณหภูมิ 130 °ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักของแข็งที่เหลืออยู่ใน aluminum can (W₃) นำค่าที่ได้ไปคำนวณค่าความสามารถในการละลายน้ำ

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$\text{Water absorption index} = (W1-W2)/W0$$

$$\text{Water solubility index (\%)} = (W3 \div W0) \times 100$$

หมายเหตุ W₀ = น้ำหนักของแป้งเริ่มต้น

W₁ = น้ำหนักของของผสม

W₂ = น้ำหนักของของแข็งที่เหลืออยู่ในหลอดหมุนเหวี่ยง

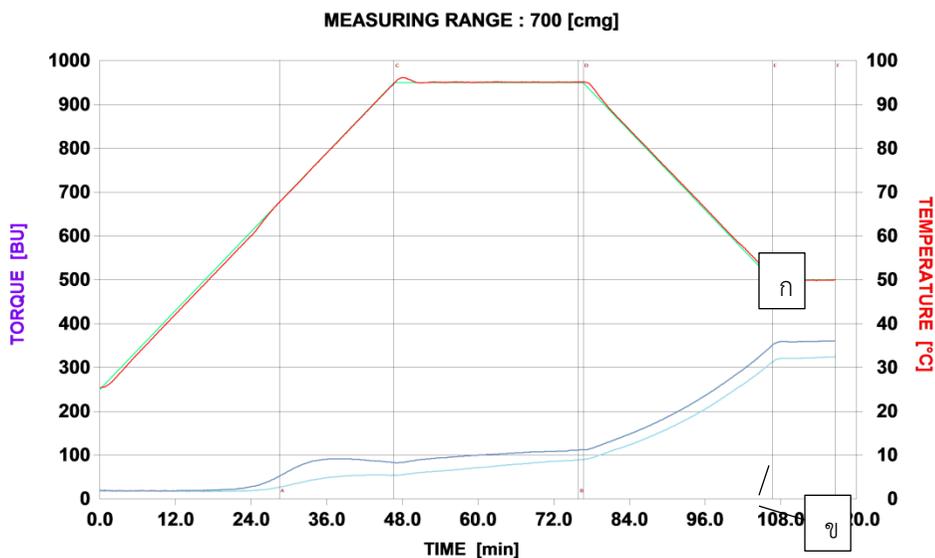
W₃ = น้ำหนักของแข็งที่เหลืออยู่ใน aluminum can

6. วิเคราะห์ผลทางสถิติ

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และใช้การทดสอบที (T-test) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย 2 กลุ่ม ที่เป็นอิสระจากกัน ด้วยโปรแกรม SPSS

ผลการวิจัย

1. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเมล็ดมะขาม (Pasting characteristic)



ภาพที่ 1 อะไมโลแกรมแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเมล็ดมะขามที่ความเข้มข้น 3 % เมื่อให้ความร้อน
 ก : แป้งเมล็ดมะขามหวาน (พันธุ์ศรีชมภู) และ ข : แป้งเมล็ดมะขามเปรี้ยว (พันธุ์กระดาน)

จากภาพอะไมโลแกรมและตารางที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเมล็ดมะขามหวานและเปรี้ยวที่ความเข้มข้น 3 % พบว่าอุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด, ค่าความหนืดสูงสุด และค่า setback ของแป้งเมล็ดมะขามหวานมีค่าเฉลี่ย 60.03 ± 0.31 องศาเซลเซียส, 104.67 ± 1.53 BU และ 239.00 ± 2.00 BU ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ กับแป้งเมล็ดมะขามเปรี้ยวที่มีอุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด, ค่าความหนืดสูงสุด และค่า setback เฉลี่ย 66.96 ± 0.64 องศาเซลเซียส

, 88.00 ± 1.73 BU และ 218.00 ± 4.58 BU ตามลำดับ ไม่พบค่า break down ของแป้งเมล็ดมะขามทั้งสองสายพันธุ์

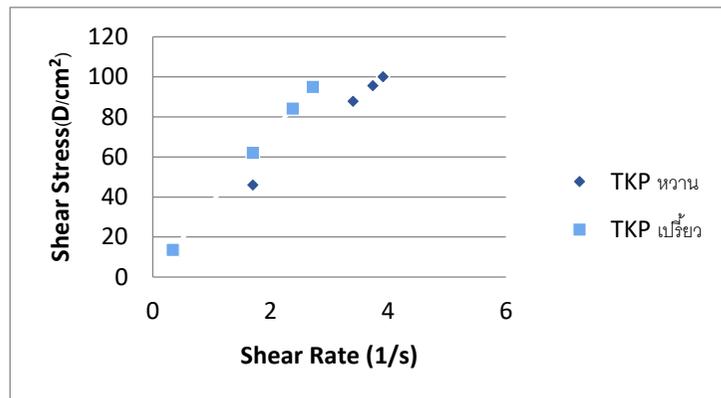
ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเมล็ดมะขามที่ความเข้มข้น 3 % (dry basis)

แป้งเมล็ดมะขาม	Pasting Temperature (C°)	ความหนืด (BU)		
		Peak viscosity	Break down	Setback
หวาน (พันธุ์ศรีชมภู)	60.03 ± 0.31^a	104.67 ± 1.53^a	–	239.00 ± 2.00^a
เปรี้ยว (พันธุ์กระดาน)	66.96 ± 0.64^b	88.00 ± 1.73^b	–	218.00 ± 4.58^b

หมายเหตุ 1. ^{abc} หมายถึง ตัวอักษรที่กำกับในแนวดิ่งเดียวกัน เมื่อมีตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

2. ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ยจากการวัด 3 ซ้ำ \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ศึกษาพฤติกรรมการไหลของแป้งเมล็ดมะขาม (Flow Behavior)



ภาพที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉือน (shear rate) และความเค้นเฉือน (shear stress) ของแป้งเมล็ดมะขามหวาน (พันธุ์ศรีชมภู) และแป้งเมล็ดมะขามเปรี้ยว (พันธุ์กระดาน)

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉือน (shear rate) และความเค้นเฉือน (shear stress) ของแป้งเมล็ดมะขามหวานและเปรี้ยวแสดงในภาพที่ 2 กราฟที่มีความชันมากแสดงให้เห็นว่าสารละลายมีความหนืดสูง จากภาพจะเห็นว่าแป้งเมล็ดมะขามเปรี้ยวมีความชันของกราฟมากกว่าแสดงว่ามีความหนืดมากกว่าแป้งเมล็ดมะขามหวาน ซึ่งแป้งเมล็ดมะขามหวานมีค่าความหนืดปรากฏ (Apparent viscosity) 2463.67 ± 105.99 mPa.s และแป้งเมล็ดมะขามเปรี้ยวมีค่าความหนืดปรากฏ 3297.00 ± 172.50 mPa.s ซึ่งค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ หนึ่งฤทัย (2552) ซึ่งมีค่าความหนืดปรากฏ เท่ากับ 2698.33 ± 4.04 cps และงานวิจัยของ Eiamsaard และ Narkruga (2012)

ตารางที่ 2 พฤติกรรมการไหลของแป้งเมล็ดมะขามที่ความเข้มข้น 3 % (dry basis) โดยศึกษาค่า % Torque > 90%

แป้งเมล็ดมะขาม	Apparent viscosity (mPa.s)	ค่า k	ค่า n
หวาน (พันธุ์ศรีชมภู)	2463.67±105.99 ^a	3.43±0.02 ^a	0.92±0.00 ^a
เปรี้ยว (พันธุ์กระดาน)	3297.00±172.50 ^b	3.54±0.02 ^b	0.94±0.01 ^b

หมายเหตุ 1. abc... หมายถึง ตัวอักษรที่กำกับในแนวตั้งเดียวกัน เมื่อมีตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

2. ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ยจากการวัด 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สมการ power law ได้อธิบายค่า n และ ค่า k ของของเหลวไว้ว่า ค่า n ขึ้นอยู่กับลักษณะของของเหลว ถ้าหาก $n=1$ แสดงว่าของเหลวมีพฤติกรรมการไหลแบบ Newtonian แต่ถ้า $n \neq 1$ แสดงว่าของเหลวมีพฤติกรรมการไหลแบบ Non-newtonian ซึ่งหาก $n < 1$ จะเป็นชนิด pseudoplastic และหาก $n > 1$ จะเป็นชนิด dilatant

จากตารางที่ 2 พบว่าค่าตัวแปรจากสมการ power law ได้แก่ ค่าความหนืดปรากฏ (apparent viscosity), consistency coefficient (k) และ flow behavior index (n) ของแป้งเมล็ดมะขามหวานและเปรี้ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ และจะเห็นได้ว่าค่า n ของแป้งเมล็ดมะขามหวานและเปรี้ยวมีค่า 0.92±0.00 และ 0.94±0.01 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นพฤติกรรมการไหลแบบ Non-newtonian ชนิด pseudoplastic สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chaisakdanugull และ Siroth (2005), หนึ่งฤทัย (2552) และ Eiamsaard และ Narkruga (2012)

3. ศึกษาคุณสมบัติทางด้านอิมันชัน (Emulsifying properties)

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางด้านอิมันชันของแป้งเมล็ดมะขาม

แป้งเมล็ดมะขาม	Emulsifying activity	Emulsion stability
หวาน (พันธุ์ศรีชมภู)	85.06±0.76 ^a	88.44±0.82 ^a
เปรี้ยว (พันธุ์กระดาน)	84.50±0.80 ^a	87.41±0.74 ^a

หมายเหตุ 1. abc... หมายถึง ตัวอักษรที่กำกับในแนวตั้งเดียวกัน เมื่อมีตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

2. ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ยจากการวัด 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางที่ 3 แสดงค่า Emulsifying activity (EA) และ Emulsion stability (ES) ของแป้งเมล็ดมะขามหวานและเปรี้ยว พบว่า ค่า EA และ ES ของแป้งเมล็ดมะขามหวานมีค่าเท่ากับ 85.06±0.76 และ 88.44±0.82 ตามลำดับ ส่วนแป้งเมล็ดมะขามเปรี้ยวมีค่าเท่ากับ 84.50±0.80 และ 87.41±0.74 ตามลำดับ ซึ่งแป้งเมล็ดมะขามทั้งสองสายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$

4. ศึกษาคุณสมบัติในการดูดซับน้ำและคุณสมบัติในการละลาย (Water absorption index; WAI and Water solubility index; WSI)

ตารางที่ 4 คุณสมบัติในการดูดซับน้ำ (WAI) และคุณสมบัติในการละลายของแป้งเมล็ดมะขาม (WSI)

แป้งเมล็ดมะขาม	WAI	WSI
หวาน (พันธุ์ศรีชมภู)	8.54±0.08 ^a	6.55±0.05 ^a
เปรี้ยว (พันธุ์กระดาน)	8.91±0.03 ^b	5.60±0.22 ^b

หมายเหตุ 1. ^{abc}...หมายถึง ตัวอักษรที่กำกับในแนวดิ่งเดียวกัน เมื่อมีตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

2. ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ยจากการวัด 3 ซ้ำ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางที่ 4 แสดงค่าการดูดซับน้ำ (WAI) และการละลายน้ำ (WSI) ของแป้งเมล็ดมะขามหวานและเปรี้ยว พบว่า แป้งเมล็ดมะขามหวานมีค่าการดูดซับน้ำและการละลายน้ำ 8.54 ± 0.08 และ 6.55 ± 0.05 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p<0.05$ กับแป้งเมล็ดมะขามเปรี้ยวที่มีค่าการดูดซับน้ำและการละลายน้ำ 8.91 ± 0.03 และ 5.60 ± 0.22 ตามลำดับ

ค่าที่ได้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของหนึ่งฤทัย (2552) และมีค่าเคียงใกล้เคียงกับงานวิจัยของ วรางคณาและคณะ (2559) ซึ่งได้ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกัมเมล็ดมะขามด้วยไมโครเวฟโดยใช้กำลังแมกนีตรอน 2 ระดับ คือ 480 และ 640 วัตต์ และใช้ระยะเวลาในการสกัด 2 ระดับ คือ 4 และ 6 นาที พบว่ากัมที่ได้จากกำลังแมกนีตรอน 640 วัตต์ ที่ใช้ระยะเวลา 4 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทดลอง โดยมีค่าการดูดซับน้ำ (WAI) เท่ากับ 8.89 ± 0.45 และการละลายน้ำ (WSI) เท่ากับ 9.35 ± 0.10

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การเปลี่ยนแปลงทางด้านความหนืดของแป้งเมล็ดมะขามที่ความเข้มข้น 3 % พบว่า แป้งเมล็ดมะขามหวานมีอุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด, ค่าความหนืดสูงสุด และค่า setback แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ กับแป้งเมล็ดมะขามเปรี้ยว จากการศึกษาพฤติกรรมด้านการไหล พบว่า แป้งเมล็ดมะขามหวานมีค่าความหนืดน้อยกว่าแป้งเมล็ดมะขามเปรี้ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแป้งเมล็ดมะขามทั้งสองสายพันธุ์ที่ความเข้มข้น 3 % แสดงพฤติกรรมการไหลแบบ Non-newtonian ชนิด pseudoplastic ด้านคุณสมบัติทางด้านอิมันชัน พบว่า แป้งเมล็ดมะขามทั้งสองสายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ด้านคุณสมบัติในการดูดซับน้ำและคุณสมบัติในการละลาย พบว่า แป้งเมล็ดมะขามหวานมีค่าการดูดซับน้ำน้อยกว่าแป้งเมล็ดมะขามเปรี้ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่แป้งเมล็ดมะขามหวานมีค่าการการละลายมากกว่า

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัทปั้นเพชรจำกัดที่ได้ให้การสนับสนุนแป้งเมล็ดมะขามในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ชูศักดิ์ สัจจงพงษ์. (2550). มะขาม พืชสร้างอนาคต. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มติชน.

- วารางคณา สมพงษ์, ภาสกร ธีระศิลป์วีสกุล และคณิน ศรีสาสิกุลรัตน์. (2559). การสกัดกัมเมล็ดมะขาม (*Tamarindus indica* L.) ด้วยไมโครเวฟและการใช้ในผลิตภัณฑ์แยมสตอร์วเบอร์รี่. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. ปีที่ 24 ฉบับที่ 2 เมษายน – มิถุนายน 2559. หน้า 288–298
- หนึ่งฤทัย รงค์ทอง. (2552). **อิทธิพลของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟต่อคุณภาพของแป้งเมล็ดมะขามและไซโลกลูแคน**. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.
- Chaisakdanukull, C., & Sriroth, K. (2005). Characterization of oligosaccharides from tamarind seed kernel powder. **Proceeding of the 2005 IFT Annual Meeting**, New Orleans, USA.
- Eiamsaard, D. and Narkrugsa, W. (2012). Rheological Properties of Tamarind Kernel Flour Drying with Two Different Methods. **Proceeding of International Conference on Food and Applied Bioscience 2012**, Chiang Mai, Thailand.
- Kumar, C.S., & Bhattacharya, S. (2008). **Tamarind Seed : Properties , Processing and Utilization**. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48, 1–20.
- Kaur, P., Sandhu, K.S., & Kaur, J. (2011). **Pasting properties of Tamarind (*Tamarindus indica*) kernel powder in the presence of Xanthan, Carboxymethyl cellulose and Locust bean gum in comparison to Rice and Potato flour**. *J. Food Sci. Tech*, 69, 251–255.
- Marathe, R.M., Annapure, U.S., Singhal, R.S., & Kulkarni, P.R. (2002). **Gelling behavior of polyose from tamarind kernel polysaccharide**. *Food Hydrocolloids*, 16, 423–426.
- Narkrugsa, W. (1996). Change in some Physiochemical Properties of Tapioca and Glutinous rice Starches After Microwave Heating. **Kasertsart Journal (Nat.Sci.)**, 30, 532–538.
- Nisbet, D.R., Crompton, K.E., Hamilton, S.D., Shirakawa, S., Prankerd, R.J., Finkelstein, D.I., Horne, M.K., & Forsythe, J.S. (2006). **Morphology and gelation of thermosensitive xyloglucan hydrogel**. *Biophysical Chemistry*, 121, 14–20.
- Nishinari, K., Takemasa, M., Zhang, H., & Takahashi, R. (2007). **Storage plant polysaccharides : Xyloglucan, galactomannans, glucomannans**. In Kamerling, J.P. *et al.* (eds), *Comprehensive Glycoscience*. Elsevier, Amsterdam, 614–652
- Yasumatsu, K., Sawada, K., Moritaka, S., Misaki, M., Toda, J., Wada, T., & Ishii, K. (1972). **Whipping and Emulsifying Properties of Soybean Products**. *Agricultural and Biological Chemistry*, 36(5), 719–727.
- York, W.S., Halbeek, H.V., Davill, A.G. and Albersheim, P. (1990). **Structural analysis of xyloglucan oligosaccharides by H^1 NMR spectroscopy and fast bombardment mass spectrometry**. *Carbohydrate Research*, 200, 9–31.

ผลสัมฤทธิ์การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาของนักศึกษาหลักสูตรสาธารณสุขศาสตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

อภิชัย คุณิพงษ์^{1*} ศศิธร ตันติเอกรัตน์²

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลส่วนบุคคล ผลสัมฤทธิ์ การปฏิบัติงานสหกิจศึกษา และความพึงพอใจของนักศึกษาหลักสูตรสาธารณสุขศาสตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ชั้นปีที่ 4 จำนวน 67 คน เก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องมือคือ แบบสอบถาม ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้ว สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 92.5 มีอายุ อยู่ระหว่าง 21-23 ปี ร้อยละ 69.1 มีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 22.7 ปี มีผลสัมฤทธิ์การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาในภาพรวม อยู่ในระดับสูง (Mean=3.87, S.D.=0.55) เมื่อจำแนกเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ลักษณะ ส่วนบุคคล (Mean=4.22, S.D.=0.68) รองลงมาคือ การจัดทำรายงานสหกิจศึกษา (Mean=4.06, S.D.=0.55) และความรับผิดชอบต่อหน้าที่ (Mean=4.01, S.D.=0.65) และมีความพึงพอใจต่อการดำเนินงานสหกิจศึกษา ในภาพรวมอยู่ในระดับสูง (Mean=4.06, S.D.=0.48) เมื่อจำแนกเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ด้านสถานประกอบการ (Mean=4.23, S.D.=0.59) รองลงมาคือ อาจารย์ที่ปรึกษา (Mean=4.03, S.D.=0.48) และด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ ฝ่ายสหกิจศึกษา (Mean=3.79, S.D.=0.66) ผลการศึกษานี้ สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนรายวิชาสหกิจศึกษาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นต่อไป

คำสำคัญ : ผลสัมฤทธิ์ การปฏิบัติงานสหกิจศึกษา นักศึกษาหลักสูตรสาธารณสุขศาสตร

¹ สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร คณะสาธารณสุขศาสตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

² สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร คณะสาธารณสุขศาสตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี e-mail: viocatcha@hotmail.com

* ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: apichai@vru.ac.th

LEARNING OUTCOMES ACHIEVEMENT IN COOPERATIVE EDUCATION OF PUBLIC HEALTH COURSE IN VALAYA ALONGKORN RAJABHAT UNIVERSITY UNDER THE ROYAL PATRONAGE, PATHUM THANI PROVINCE

Apichai Khuneepong ^{1*} Sasitorn Tantiekkarat ²

Abstract

The purposes of this descriptive research were to study personal data, learning outcomes achievement and satisfactory level in cooperative education of public health course in Valaya Alongkorn Rajabhat University under the royal patronage, Pathum Thani Province. The samples of this study composed of sixty seven undergrad students. Data were collected by interview and analyzed by using frequency, percentage, mean, standard deviation. The results showed that the majority of samples were female (92.5%), were 21-23 years old (69.1%), average age 22.7 years. All components of learning outcomes achievement were also at a high level. The mean score for the personal characteristic component was the highest (Mean = 4.22, SD = 0.68), followed by those for reporting (Mean=4.06, S.D.=0.55) and Responsibility for duty (Mean=4.01, S.D.=0.65). The overall score of satisfactory was at a high level (Mean=4.06, S.D.=0.48). All components of the scale were also at a high level. The highest mean score was that for organization (Mean=4.23, S.D.=0.59), followed by those for advisors (Mean=4.03, S.D.=0.48) and cooperative education officer (Mean=3.79, S.D.=0.66). Recommends from this research, administrators can be used as a guide for improve cooperative education of public health course in the future.

Keywords : Achievement, Cooperative Education, Public Health Undergrad Students

¹ Department of Public Health, Faculty of Public Health, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage,

² Department of Public Health, Faculty of Public Health, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: viocatcha@hotmail.com

* Corresponding author, e-mail: apichai@vru.ac.th

บทนำ

ประเทศไทยพัฒนาการศึกษาอย่างต่อเนื่อง แต่คุณภาพการศึกษายังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร โดยเฉพาะการนำความรู้ที่ได้จากการเรียนมาประยุกต์ใช้ให้ตรงกับสายงานที่ปฏิบัติ รวมทั้งการสร้างและพัฒนางานของบัณฑิต ดังนั้นสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา จึงได้มีการจัดหลักสูตรสหกิจศึกษาขึ้นมาเพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมและพัฒนาให้นักศึกษาที่จะสำเร็จให้ไปเป็นบัณฑิตที่มีคุณภาพและเป็นทรัพยากรมนุษย์ที่มีคุณค่าต่อประเทศในอนาคต (มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ. 2558)

สหกิจศึกษา (Cooperative Education) เป็นระบบการศึกษาที่จัดให้มีการเรียนการสอนในสถานศึกษาสลับกับการไปหาประสบการณ์ตรงจากการปฏิบัติงานจริง ณ สถานประกอบการอย่างมีระบบ ด้วยความร่วมมือจากสถานประกอบการและทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง เป็นระบบการศึกษาที่ผสมผสานการเรียนกับการปฏิบัติงาน ส่งผลทำให้นักศึกษาสามารถเรียนรู้ประสบการณ์จากการปฏิบัติงาน มีการพัฒนาตนเองเพื่อให้ได้คุณภาพตรงตามที่สถานประกอบการต้องการมากที่สุด ตลอดจนเป็นการส่งเสริมให้มีความร่วมมือทางวิชาการระหว่างสถานศึกษา และสถานประกอบการอย่างต่อเนื่องด้วยวิธีการของสหกิจศึกษาจะเน้นที่ความร่วมมือจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดร่วมกัน สหกิจศึกษามีการดำเนินการครั้งแรกในปี พ.ศ. 2446 สำหรับนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ของ Sunderland Technical College (ปัจจุบัน University of Sunderland) ประเทศสหราชอาณาจักร ต่อมาในปี พ.ศ. 2449 Prof. Herman Schneider ได้นำมาใช้กับนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ของ University of Cincinnati ซึ่งถือว่าเป็นการดำเนินการสหกิจศึกษาขึ้นเป็นครั้งแรกในประเทศสหรัฐอเมริกา สำหรับประเทศแคนาดานั้น University of Waterloo ได้ดำเนินการสหกิจศึกษาขึ้นเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2500 ส่วนของประเทศไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้มีการดำเนินการสหกิจศึกษาขึ้นเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2538 (วิจิตร ศรีสะอ้าน และคณะ, 2552)

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ได้ตระหนักถึงความสำคัญของสหกิจศึกษาที่สามารถนำมาเป็นส่วนหนึ่งของการเพิ่มประสบการณ์ในการฝึกประสบการณ์วิชาชีพตามพันธกิจหลักที่สำคัญในการผลิตบัณฑิตของมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ เพื่อให้บัณฑิตสำเร็จการศึกษาอย่างสมบูรณ์ พร้อมทั้งวิชาการความรู้คุณลักษณะที่พึงประสงค์ สามารถทำงานร่วมกับบุคคลภายนอกหรือสถานประกอบการได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้กำหนดให้มีรายวิชาสหกิจศึกษา โดยได้เปิดสอนรายวิชาสหกิจศึกษาในปีการศึกษา 2558 เป็นปีแรก มีนักศึกษาหลักสูตรสาธารณสุขศาสตร์ ชั้นปีที่ 4 เข้าร่วมปฏิบัติงานสหกิจศึกษา จำนวน 1 รุ่น รวม 67 คน โดยปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล (รพ.สต.) ในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี, สระบุรี และสระแก้ว จำนวน 15 แห่ง และการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ กองสาธารณสุขของเทศบาลพระนครศรีอยุธยา จำนวน 1 แห่ง ดังนั้น เพื่อให้การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาดำเนินการอย่างเป็นระบบ คณะผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลสัมฤทธิ์การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาของนักศึกษาหลักสูตรสาธารณสุขศาสตร์ เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการวางแผนพัฒนาการจัดการฝึกสหกิจศึกษาของนักศึกษาหลักสูตรสาธารณสุขศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพในอนาคตต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาข้อมูลส่วนบุคคล ผลสัมฤทธิ์การปฏิบัติงานสหกิจศึกษา และความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการดำเนินงานสหกิจศึกษาของหลักสูตรสาธารณสุขศาสตร์

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงสำรวจแบบภาพตัดขวาง (Crosssectional survey research)

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต ชั้นปีที่ 4 คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ที่ฝึกสหกิจศึกษาตลอดหลักสูตรในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 67 คน ทำการศึกษาทุกหน่วยของประชากร

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย แบบประเมินผลสัมฤทธิ์การฝึกสหกิจศึกษาของนักศึกษาหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต เป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของนักศึกษา ลักษณะคำถามเป็นคำถามปลายปิดและปลายเปิดเกี่ยวกับเพศ และอายุ จำนวน 2 ข้อ

ส่วนที่ 2 ข้อมูลผลสัมฤทธิ์การปฏิบัติงานสหกิจศึกษา แบ่งออกเป็น 5 ด้าน ได้แก่ ด้านที่ 1 ผลสำเร็จของงาน ด้านที่ 2 ความรู้ความสามารถ ด้านที่ 3 ความรับผิดชอบต่อหน้าที่ ด้านที่ 4 ลักษณะส่วนบุคคล และด้านที่ 5 การจัดทำรายงานสหกิจศึกษา จำนวน 20 ข้อ ลักษณะข้อคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด

ส่วนที่ 3 ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการฝึกสหกิจศึกษา แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ประกอบด้วย ด้านที่ 1 ความพึงพอใจต่อสถานประกอบการ ด้านที่ 2 ความพึงพอใจต่ออาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา และด้านที่ 3 ความพึงพอใจต่อการดำเนินงานฝ่ายสหกิจศึกษา จำนวน 14 ข้อ ลักษณะข้อคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 คน ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาและโครงสร้าง (Validity) และทดลองใช้กับนักศึกษา คณะสาธารณสุขศาสตร์ ชั้นปีที่ 4 มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกัน จำนวน 30 คน แล้วนำข้อมูลได้มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค พบว่าด้านผลสัมฤทธิ์การปฏิบัติงานสหกิจศึกษามีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.76 ซึ่งถือว่าผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยให้แก่กลุ่มตัวอย่าง
2. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างทุกคน
3. ตรวจสอบความครบถ้วน สมบูรณ์ของแบบสอบถาม
4. บันทึกข้อมูลลงโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลส่วนบุคคล พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 92.5 มีอายุอยู่ระหว่าง 21-23 ปี ร้อยละ 69.1 มีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 22.7 ปี (SD = 1.05)

2. ข้อมูลผลสัมฤทธิ์การปฏิบัติงานสหกิจศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีผลสัมฤทธิ์การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาในภาพรวมอยู่ในระดับสูง (Mean=3.87, S.D.=0.55) เมื่อจำแนกเป็นรายด้าน พบว่า ทุกด้านมีค่าเฉลี่ย อยู่ในระดับสูง โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ลักษณะส่วนบุคคล (Mean=4.22, S.D.=0.68) รองลงมาคือ การจัดทำรายงานสหกิจศึกษา (Mean=4.06, S.D.=0.55) และความรับผิดชอบต่อหน้าที่ (Mean=4.01, S.D.=0.65) และด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ ความรู้ความสามารถ (Mean=3.78, S.D.=0.55) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับผลสัมฤทธิ์การปฏิบัติงานสหกิจศึกษารายด้านและภาพรวม (n=67)

ผลสัมฤทธิ์ของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา	Mean	S.D.	ระดับ
1. ผลสำเร็จของงาน	3.81	0.56	สูง
2. ความรู้ความสามารถ	3.78	0.55	สูง
3. ความรับผิดชอบต่อหน้าที่	4.01	0.65	สูง
4. ลักษณะส่วนบุคคล	4.22	0.68	สูง
5. การจัดทำรายงานสหกิจศึกษา	4.06	0.55	สูง
ภาพรวม	3.87	0.55	สูง

3. ข้อมูลความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการดำเนินงานสหกิจศึกษา พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการดำเนินงานสหกิจศึกษาในภาพรวมอยู่ในระดับสูง (Mean=4.06, S.D.=0.48) เมื่อจำแนกเป็นรายด้าน พบว่า ทุกด้านมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ด้านสถานประกอบการ (Mean=4.23, S.D.=0.59) รองลงมาคือ อาจารย์ที่ปรึกษา (Mean=4.03, S.D.=0.48) และด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ ฝ่ายสหกิจศึกษา (Mean=3.79, S.D.=0.66) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการดำเนินงานสหกิจศึกษารายด้านและภาพรวม (n=67)

ความพึงพอใจต่อการดำเนินงานสหกิจศึกษา	Mean	S.D.	ระดับ
1. สถานประกอบการ	4.23	0.59	สูง
2. อาจารย์ที่ปรึกษา	4.03	0.48	สูง
3. ฝ่ายสหกิจศึกษา	3.79	0.66	สูง
ภาพรวม	4.06	0.48	สูง

อภิปรายผล

1. กลุ่มตัวอย่างมีผลสัมฤทธิ์การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาในภาพรวมอยู่ในระดับสูง เมื่อจำแนกเป็นรายด้าน พบว่า ทุกด้านมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ลักษณะส่วนบุคคล รองลงมาคือ การจัดทำรายงานสหกิจศึกษา และความรับผิดชอบต่อหน้าที่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก คณะ

สาธารณสุขศาสตร์ ได้มีนโยบายส่งเสริมและสนับสนุนการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา มีแผนงานโครงการและ ผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน โดยมีการพัฒนาศักยภาพอาจารย์ผู้รับผิดชอบการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาโดยส่งเข้ารับการอบรมหลักสูตรคณาจารย์นิเทศสหกิจศึกษา มีกระบวนการปฐมนิเทศ ชี้แจงแนวทางการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา และเอกสารรายงานต่างๆ ให้แก่นักศึกษาก่อนที่จะลงปฏิบัติงานสหกิจศึกษา สอดคล้องกับผลการศึกษาของ ทศนีย์ ประธาน และคณะ (2556) ที่พบว่า นักศึกษามหาวิทยาลัยหาดใหญ่ส่วนใหญ่ได้รับการประเมินผลสัมฤทธิ์ การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาอยู่ในระดับดี นอกจากนี้ ยังพบว่า ส่งผลทำให้กลุ่มตัวอย่างให้ความสนใจศึกษาเรียนรู้ กฎระเบียบและนโยบายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานของหน่วยงาน

2. กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อการดำเนินงานสหกิจศึกษาในภาพรวมอยู่ในระดับสูง เมื่อ จำแนกเป็นรายด้าน พบว่า ทุกด้านมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ด้านสถาน ประกอบการ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก นักศึกษาที่ลงฝึกปฏิบัติสหกิจศึกษากำลังศึกษาอยู่ในชั้นปีที่ 4 ซึ่งเป็นปี สุดท้ายก่อนสำเร็จการศึกษา จึงมีความต้องการที่จะนำความรู้ที่ตนเองศึกษาเล่าเรียนมาเป็นระยะเวลา 4 ปี นำไปฝึกปฏิบัติในช่วงการฝึกสหกิจศึกษา เพื่อให้เกิดความเชี่ยวชาญ และมีประสบการณ์เพิ่มมากขึ้นก่อนสำเร็จ การศึกษา และนำไปใช้ในการทำงานในอนาคตต่อไป นอกจากนี้ยังพบว่า คณะสาธารณสุขศาสตร์ได้มีการจัด ประชุมเตรียมความพร้อมแก่นักศึกษาและพี่เลี้ยงของสถานประกอบการแหล่งฝึกสหกิจศึกษา ก่อนดำเนินการสห กิจศึกษา เพื่อให้เกิดความเข้าใจและมีการเตรียมความพร้อมการดำเนินสหกิจศึกษาด้วย สอดคล้องกับ ผลการวิจัยของ ดร.ณัฐ ภูมิคุ้ม และคณะ (2556) ที่พบว่า นักศึกษาสหกิจศึกษาของมหาวิทยาลัยหาดใหญ่มีความ พึงพอใจในสิ่งที่ได้รับจากการเข้าร่วมปฏิบัติงานสหกิจศึกษา โดยรวมอยู่ในระดับมาก

สรุป

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 92.5 มีอายุอยู่ระหว่าง 21-23 ปี ร้อยละ 69.1 มี อายุเฉลี่ยเท่ากับ 22.7 ปี มีผลสัมฤทธิ์การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาในภาพรวมอยู่ในระดับสูง (Mean=3.87, S.D.=0.55) เมื่อจำแนกเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ลักษณะส่วนบุคคล (Mean=4.22, S.D.=0.68) รองลงมาคือ การจัดทำรายงานสหกิจศึกษา (Mean=4.06, S.D.=0.55) และความรับผิดชอบต่อ หน้าที่ (Mean=4.01, S.D.=0.65) และมีความพึงพอใจต่อการดำเนินงานสหกิจศึกษาในภาพรวมอยู่ในระดับสูง (Mean=4.06, S.D.=0.48) เมื่อจำแนกเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ด้านสถานประกอบการ (Mean=4.23, S.D.=0.59) รองลงมาคือ อาจารย์ที่ปรึกษา (Mean=4.03, S.D.=0.48) และด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำ ที่สุดคือ ฝ่ายสหกิจศึกษา (Mean=3.79, S.D.=0.66)

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากการนำผลการวิจัยไปใช้

1. สถานศึกษาควรให้ความสำคัญในการเตรียมความพร้อมของนักศึกษา อาจารย์ ที่ปรึกษา พี่ เลี้ยงของสถานประกอบการ ก่อนดำเนินงานสหกิจศึกษา เพื่อให้ทุกฝ่ายมีความพร้อมก่อนดำเนินงานสหกิจศึกษา อย่างเต็มที่ อันจะส่งผลให้การดำเนินงานสหกิจศึกษาประสบผลสำเร็จตามที่กำหนดไว้ทุกประการ
2. สถานประกอบการควรมีการเตรียมความพร้อมในด้านการเปิดโอกาสและมอบหมายให้ นักศึกษาได้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานด้านการส่งเสริมสุขภาพ ป้องกันควบคุมโรคและตรวจคัดกรองโรค เบื้องต้น รวมทั้งงานอื่นๆ ที่สอดคล้องกับความรู้และความสามารถของนักศึกษา

ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาวิเคราะห์คุณสมบัติที่เหมาะสมของอาจารย์ที่ปรึกษาและพี่เลี้ยงของสถานประกอบที่ดำเนินการสหกิจศึกษา
2. ควรมีการศึกษาปัจจัยแห่งความสำเร็จในการดำเนินงานสหกิจศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องในการทำวิจัยครั้งนี้ทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- ทัศนีย์ ประธาน, มณีนรัตน์ รัตนพันธ์, ทิรัศม์ชญา พิพัฒน์เพ็ญ, สนั่น ยามาเจริญ, พงพัฒน์ ฉายศิริพันธ์, เจริจา บุญวรรณโณ, เจตน์สฤกษ์ สักขันพันธ์. (2555). **ผลสัมฤทธิ์การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาของนักศึกษามหาวิทยาลัยหาดใหญ่**. สงขลา: มหาวิทยาลัยหาดใหญ่.
- มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ. (2558). **คู่มือปฏิบัติงานสหกิจศึกษา**. ปทุมธานี.
- ยาร่อนะ ศรีอาหมัด, มณีนรัตน์ รัตนพันธ์ และดรุณี มูเก็ม. (2556). **รายงานการวิจัย เรื่อง ความคาดหวังและความพึงพอใจของนักศึกษาสหกิจศึกษาที่มีต่อตนเอง อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษาและสถานประกอบการ**. สงขลา: ศูนย์พัฒนาอาชีพนักศึกษา มหาวิทยาลัยหาดใหญ่.
- วิจิตร ศรีสอ้าน. (2552). **ประมวลสาระชุดฝึกอบรมสหกิจศึกษา**. กรุงเทพฯ: สมาคมสหกิจศึกษาไทย.

ความคิดเห็นของประชาชนที่มีต่อการจัดการสิ่งแวดล้อมในพื้นที่อนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมและส่งเสริมการท่องเที่ยวกรุงเทพมหานคร โดยผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556

วารลักษณ์ คงอ้วน^{1*}

บทคัดย่อ

พื้นที่ตอนกลางของกรุงเทพมหานครประสบกับปัญหาสิ่งแวดล้อม ซึ่งการแก้ไขและฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมโดยมาตรการทางผังเมืองที่ผ่านมา ยังไม่มีการชี้ชัดถึงความพึงพอใจและความต้องการของประชาชนที่มีต่อมาตรการทางผังเมืองในการจัดการสิ่งแวดล้อม บทความวิจัยชิ้นนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามาตรการทางผังเมืองที่เกี่ยวกับการจัดการสิ่งแวดล้อมในพื้นที่อนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมและส่งเสริมการท่องเที่ยวกรุงเทพมหานคร เพื่อวิเคราะห์ความคิดเห็นของประชาชนที่มีต่อมาตรการทางผังเมืองในการจัดการสิ่งแวดล้อม และเพื่อเสนอแนะแนวทางการวางและจัดทำมาตรการทางผังเมืองที่เกี่ยวกับการจัดการสิ่งแวดล้อมในพื้นที่อนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมและส่งเสริมการท่องเที่ยวกรุงเทพมหานคร โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ การจัดทำแบบสอบถาม ผลการวิจัยพบว่า ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 มีลักษณะเป็นทั้งมาตรการเชิงลบ (เช่น การควบคุมตามกฎหมายกระทรวง) มาตรการเชิงบวก (เช่น แผนผังคมนาคมและขนส่งและสาธารณูปโภค) และมาตรการส่งเสริม (เช่น การกำหนด FAR Bonus) อันมีการดำเนินการหลายประการที่มุ่งเน้นการจัดการสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม ผู้ตอบแบบสอบถามมากกว่าร้อยละ 50 ไม่เข้าใจในมาตรการทางผังเมืองและมีความพึงพอใจระดับปานกลางเป็นส่วนใหญ่ในข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการสิ่งแวดล้อม หากแต่มีความต้องการให้มีการจัดการสิ่งแวดล้อมในอนาคตโดยมาตรการทางผังเมืองระดับมาก ดังนั้น ข้อเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงและจัดทำผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร จึงควรให้ข้อมูลข่าวสารและความรู้แก่ประชาชนในเรื่องมาตรการทางผังเมืองที่กว้างขวางและเข้าใจง่าย การเพิ่มการมีส่วนร่วมของประชาชนในการวางแผนเมือง การกำหนดบทลงโทษที่เข้มงวดในการฝ่าฝืนและไม่ปฏิบัติตามมาตรการทางผังเมืองและการนำมาตราการทางผังเมืองในลักษณะมาตรการส่งเสริมมาใช้มากขึ้น

คำสำคัญ : ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร มาตรการทางผังเมือง การจัดการสิ่งแวดล้อม พื้นที่อนุรักษ์

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

* ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: waralak.kh@gmail.com

PEOPLE'S OPINIONS ABOUT THE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN BANGKOK'S
CULTURAL CONSERVATION AND TOURISM PROMOTION AREA BY BANGKOK
COMPREHENSIVE PLAN 2013

Waralak Khongouan ^{1*}

Abstract

The central part of Bangkok is experiencing environmental problems. The improvement and recovery of the environment by the urban planning measures is no indication of the satisfaction and public demand for urban planning measures with respect to environmental management. So, the objectives of this research article are as follows: 1) to study urban planning measures with respect to environmental management in Bangkok's Cultural Conservation and Tourism Promotion Area, 2) to analyze people's opinions about urban planning measures with respect to environmental management, and 3) to suggest developing method for urban planning measures with respect to environmental management in Bangkok's Cultural Conservation and Tourism Promotion Area. Questionnaire was used as research tools. The result of the research article shows that Bangkok Comprehensive Plan 2013 has qualify of negative (such as the ministerial regulations), positive (such as the transportation and public utilities diagrams), and incentive measures (such as FAR bonus). Moreover, it is highly concerned about the environmental management. However, the sample groups who took questionnaires more than 50 percent do not know in the implementation details of urban planning. Furthermore, people are moderately satisfied about the environmental management by Bangkok Comprehensive Plan 2013 and they have a high level of needs about environmental management in the future by land use regulations. So that, guidelines for preparations for the Bangkok Comprehensive Plan should be inform about urban planning measures in an extensive and simple way to people, increase public participation in urban planning processes, set strict penalty in violation of regulations, and have more incentive urban planning measures.

Keywords : Bangkok Comprehensive Plan, Urban Planning Measures, Environmental Management, Conservation Area

¹ Assistant Professor, Faculty of Architecture and Planning, Thammasat University

* Corresponding author, e-mail: waralak.kh@gmail.com

บทนำ

พื้นที่ตอนกลางของกรุงเทพมหานคร เป็นที่ตั้งของสถานที่สำคัญ ทั้งในทางศาสนา ประวัติศาสตร์ การศึกษา การบริหารและการพักผ่อนหย่อนใจ จึงเป็นศูนย์กลางของการอนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรม และการส่งเสริมการท่องเที่ยวของกรุงเทพมหานคร อย่างไรก็ตาม การเป็นแหล่งตั้งถิ่นฐานของประชากรตั้งแต่ในอดีต และการดึงดูดนักท่องเที่ยวจำนวนมากนำมาซึ่งการประสบปัญหาสิ่งแวดล้อมต่างๆ ซึ่งหน่วยงานภาครัฐและเอกชนต่างตระหนักในความสำคัญของการแก้ไขและฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม ดังจะเห็นได้จากสาระสำคัญของผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 ที่ให้ความสำคัญกับการแก้ไขและจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ เช่น การกำหนดที่โล่งเพื่อนันทนาการและการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม เพื่อสงวน รักษาพื้นที่สีเขียว พื้นที่สวนสาธารณะ ให้คงอยู่ เป็นต้น (สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร, 2556)

อย่างไรก็ตาม มาตรการทางผังเมืองที่เกิดขึ้น ยังไม่มีการศึกษาและวิจัยชี้ชัดถึงความคิดเห็นและความเข้าใจของประชาชน อันเป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้เกิดความสัมฤทธิ์ผลในทางปฏิบัติ ดังนั้น บทความวิจัยชิ้นนี้ จึงเป็นการศึกษามาตรการทางผังเมืองที่เกี่ยวกับการจัดการสิ่งแวดล้อม โดยมุ่งเน้นการศึกษาสาระสำคัญของผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 ตลอดจนการวิเคราะห์ความคิดเห็นของประชาชนที่มีต่อข้อกำหนดผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 ที่เกี่ยวข้องกับจัดการสิ่งแวดล้อม บทความวิจัยชิ้นนี้จึงก่อให้เกิดประโยชน์ในการทบทวนและตรวจสอบผัง อันนำไปสู่ความสัมฤทธิ์ผลการปฏิบัติมากขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษามาตรการทางผังเมืองที่เกี่ยวกับการจัดการสิ่งแวดล้อมในพื้นที่อนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมและส่งเสริมการท่องเที่ยว
2. เพื่อวิเคราะห์ความคิดเห็นของประชาชนที่มีต่อมาตรการทางผังเมืองในการจัดการสิ่งแวดล้อมของพื้นที่อนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมและส่งเสริมการท่องเที่ยว
3. เพื่อเสนอแนะแนวทางการวางและจัดทำมาตรการทางผังเมืองที่เกี่ยวกับการจัดการสิ่งแวดล้อมในพื้นที่อนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมและส่งเสริมการท่องเที่ยว

ขอบเขตการวิจัย

1. ขอบเขตด้านพื้นที่ พื้นที่อนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมและส่งเสริมการท่องเที่ยว ประกอบด้วย 9 เขต ได้แก่ เขตพระนคร เขตสัมพันธวงศ์ เขตบางกอกใหญ่ เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย เขตธนบุรี เขตคลองสาน เขตดุสิต เขตบางพลัดและเขตบางกอกน้อย ตามการจัดกลุ่มเขตจัดประชุมประชาชนของสำนักผังเมืองกรุงเทพมหานครในช่วงการจัดทำผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 มีขนาดพื้นที่จากการคำนวณด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พ.ศ.2560 ของกรมพัฒนาที่ดินทั้งสิ้น 65.44 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 40,901.76 ไร่

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา การศึกษาผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 จะพิจารณาเฉพาะประเด็นที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้นหรือสิ่งแวดล้อมทางกายภาพเท่านั้น ได้แก่ การคมนาคมและขนส่ง การป้องกันและบรรเทาอุทกภัย การจัดการพื้นที่สีเขียว การรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศของโลก การจัดการขยะมูลฝอยและน้ำเสีย เนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับเรื่องการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยตรง

วิธีดำเนินการวิจัย

บทความวิจัยนี้มีลักษณะเป็น Quantitative Study มีเครื่องมือศึกษาสำคัญ คือ การจัดทำแบบสอบถาม ซึ่งได้ทำการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และนำมาวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (Index of Item Objective Congruence: IOC) ได้อยู่ในช่วง 0.67-1.00 อันหมายถึง ข้อคำถามนั้นใช้ได้ทุกข้อ นอกจากนี้ เมื่อนำแบบสอบถามที่ได้ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างประชาชนทั่วไปจำนวน 10 คน และนำมาหาค่าความเชื่อมั่นด้วยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient Alpha) ของครอนบาค (Cronbach’s Alpha) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.78

สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการแจกแบบสอบถาม ดำเนินการแจกแบบสอบถามตามหลักการการสุ่มตัวอย่างไม่ใช้ความน่าจะเป็น (Nonprobability Sampling) แบบการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 100 ชุด โดยกลุ่มตัวอย่างมีคุณลักษณะสำคัญ คือ 1) มีภูมิลำเนาตั้งเดิมอยู่ในพื้นที่ศึกษา 2) รับรู้และเคยได้ยินเบื้องต้นว่า พื้นที่อยู่อาศัยของตนมีผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 บังคับใช้ 3) เป็นตัวแทนเขตต่างๆ ในพื้นที่อนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมและส่งเสริมการท่องเที่ยวในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน

ขั้นตอนการวิจัยมี 7 ขั้นตอนหลัก คือ 1) ทบทวนแนวความคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2) รวบรวมและศึกษาสภาพทั่วไป 3) ศึกษาผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 4) สร้างแบบสอบถามและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถาม 5) นำแบบสอบถามเก็บรวบรวมข้อมูลและสำรวจภาคสนาม 6) วิเคราะห์ความคิดเห็นของประชาชน 7) สรุปผลการศึกษาและเสนอแนะแนวทาง



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการวิจัย

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1. **แนวความคิดเกี่ยวกับการจัดการสิ่งแวดล้อม** การจัดการสิ่งแวดล้อมควรคำนึงถึงการสร้างจิตสำนึก การกระจายอำนาจบริหารและงบประมาณในการจัดการสิ่งแวดล้อม การส่งเสริมให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วม และการนำมาตราการทางกฎหมายมาปฏิบัติอย่างเคร่งครัด (วรลักษ์ณ์ คงอ้วน, 2559) นอกจากนี้ การจัดการทรัพยากรควรมีหลักเกณฑ์ต่างๆ ได้แก่ การควบคุมให้ทรัพยากรปราศจากมลภาวะ การป้องกันไม่ให้เกิดปัญหามลพิษ การแก้ไขสารมลพิษที่แพร่กระจายออกสู่สิ่งแวดล้อม การให้การศึกษาต่อประชาชนและการจัดการให้มีกฎหมายควบคุมการกระทำใดๆ ที่ส่งผลต่อความเสียหายทุกรูปแบบ (ศศิณา ภาธา, 2550)

2. **แนวความคิดเกี่ยวกับมาตรการทางผังเมือง** การดำเนินการมาตรการทางผังเมืองสามารถแบ่งได้เป็น 3 มาตรการสำคัญ ได้แก่ (นพพันธ์ ตาปนานนท์, ม.ป.ป., American Planning Association, 2007)

2.1 มาตรการเชิงลบ (Negative Measures) เป็นมาตรการควบคุม โดยอาศัยอำนาจตามกฎหมายและข้อบังคับเพื่อควบคุมการพัฒนาของภาคเอกชน แบ่งเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ การควบคุมตามตัวบทกฎหมาย (Regulatory) และการควบคุมตามดุลพินิจ (Discretionary)

2.2 มาตรการเชิงบวก (Positive Measures) เป็นมาตรการสร้างแรงจูงใจ โดยหน่วยงานของรัฐ เพื่อสนับสนุนและขึ้นำการพัฒนาของภาคเอกชนให้เกิดประสิทธิภาพและเป็นไปในทิศทางตามที่กำหนด เช่น การพัฒนาเส้นทางคมนาคม ฯลฯ

2.3 มาตรการส่งเสริมหรือเหนี่ยวนำ (Incentive or Deductive Measures) เป็นมาตรการที่ให้ผู้ได้รับประโยชน์จากมาตรการเชิงบวกเป็นผู้จ่าย (Beneficiary Pay Principle) เช่น การเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (Floor Area Ratio Bonus, FAR Bonus) เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม การวางแผนเมืองเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมจะต้องคำนึงถึงการควบคุมและบังคับใช้กฎหมาย การใช้มาตรการทางภาษี การจัดทำ Zoning การวางแผน และการดำเนินการป้องกัน (Tyler, M. G., 2002) ในส่วนของมาตรการทางผังเมืองกับการมีส่วนร่วมของประชาชน สามารถมีได้ตั้งแต่ขั้นตอนการวางแผน การดำเนินการ การใช้ประโยชน์ การแบ่งปันผลประโยชน์ และการประเมินผล โดยระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนตามแนวคิดของ Sherry R. Arnstein (1969) สามารถแบ่งออกได้เป็น 8 ระดับ ได้แก่ การกำกับและควบคุมโดยภาครัฐ การบำบัด เยียวยาโดยภาครัฐ การได้รับทราบข้อมูลจากภาครัฐ การให้ความคิดเห็นต่อภาครัฐ การเข้าไปมีส่วนร่วมในตัดสินใจ การเข้าร่วมเป็นหุ้นส่วน การได้รับการถ่ายโอนอำนาจ การมีส่วนร่วมในการควบคุมอย่างสมบูรณ์ (นพพันธ์ ตาปนานนท์, ม.ป.ป.)

3. มาตรการทางผังเมืองกับการจัดการสิ่งแวดล้อมในต่างประเทศ

ประเทศสหรัฐอเมริกา : มาตรการทางผังเมืองมีลักษณะเป็นแผนงานการลงทุนและปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน (Capital Investment and Improvement Program หรือ CIP) และการควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use Control) เป็นสำคัญ โดยเทคนิคที่นำมาใช้ ได้แก่ การพัฒนาแบบผสมหรือรวมเป็นหน่วยเดียว (Planned Unit Development หรือ PUD) การถ่ายโอนสิทธิการพัฒนา (Transfer of Development Right หรือ TDR) การกำหนดย่านพิเศษ (Special District) การให้ผลประโยชน์ตอบแทนหรือให้แรงจูงใจ (Bonus or Incentive Zoning) เป็นต้น (ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547 และสมศักดิ์ วงศ์ราษฎร์, 2549)

ประเทศสหราชอาณาจักร : มาตรการทางผังเมืองมีลักษณะเป็นมาตรการการควบคุมการพัฒนา (Development Control) เช่น การกำหนดแผนผังควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดิน ฯลฯ และมาตรการ

ส่งเสริมการพัฒนา (Development Planning) เช่น การกำหนดโครงการพัฒนาพื้นที่ ฯลฯ (ศูนย์บริการวิชาการ แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547 และสมศักดิ์ วงศ์ราษฎร์, 2549)

ผลการวิจัย

1. ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

พ.ศ.2559 พื้นที่อนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมและส่งเสริมการท่องเที่ยวของกรุงเทพมหานครมีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นพาณิชยกรรม มีขนาดพื้นที่ทั้งสิ้น 44.72 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 27,950.61 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 68.34 ของพื้นที่ทั้งกลุ่มเขต โดยในช่วงพ.ศ.2550-พ.ศ.2559 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทนันทนาการ มีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เป็นจำนวน 0.22 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 139.09 ไร่ คิดเป็นร้อยละสูงถึง 42.59 ต่อปี อันเป็นผลจากนโยบายการส่งเสริมให้เกิดการพื้นที่สีเขียวและพื้นที่สวนสาธารณะของกรุงเทพมหานคร สำหรับประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีการเปลี่ยนแปลงลดลงในช่วง พ.ศ.2550-พ.ศ.2559 ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยและเกษตรกรรม

2. สถานการณ์สิ่งแวดล้อมเมือง

พื้นที่อนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมและส่งเสริมการท่องเที่ยว มีการดำเนินการตรวจวัดคุณภาพอากาศและเสียง โดยกรมควบคุมมลพิษ และตรวจวัดคุณภาพน้ำคลองทั่วไปของสำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร ผลการตรวจวัดพบว่า ค่าก๊าซโอโซน (O_3) เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ก๊าซโอโซน (O_3) เฉลี่ย 8 ชั่วโมง ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) เกินมาตรฐานบ้างเป็นครั้งคราว ระดับเสียงเกินมาตรฐานตั้งแต่ พ.ศ.2556 เป็นต้นมา และคุณภาพน้ำคลองจัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 5 คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมมากทั้งสิ้น

3. มาตรการทางผังเมืองกับการจัดการสิ่งแวดล้อม (สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร, 2556)

แผนผังกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินตามที่ได้จำแนกประเภทของผังเมืองรวม กรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 แบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมและส่งเสริมการท่องเที่ยวออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ (1) ที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง (ย.6-ย.7) (2) ที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก (ย.8-ย.9) (3) พาณิชยกรรม (พ.3-พ.4) (4) อนุรักษ์เพื่อส่งเสริมเอกลักษณ์ศิลปวัฒนธรรมไทย (ศ.1-ศ.2) (5) สถาบันราชการ สาธารณูปโภคและสาธารณูปการ (ส.) อันมีข้อกำหนดเกี่ยวกับกิจกรรมที่อนุญาต ไม่อนุญาต หรืออนุญาตโดยมีเงื่อนไขที่แตกต่างตามวัตถุประสงค์ของการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท

ในส่วนของแผนผังแสดงที่โล่ง มีการกำหนดประเภทที่โล่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ (1) ที่โล่งเพื่อนันทนาการและการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม (ล.1) เช่น ที่โล่ง ล.1-52 สนามหลวง เป็นต้น ที่โล่งเพื่อการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม บริเวณริมถนนและริมแม่น้ำและลำคลอง (ล.2-ล.3) เช่น ที่โล่ง ล.2-24 ถนนราชวิถี ที่โล่ง ล.3-17 คลองมอญ เป็นต้น

สำหรับแผนผังแสดงโครงการคมนาคมและขนส่งมีการดำเนินการขยายและเชื่อมต่อถนน ขยาย อันเป็นการแก้ไขและป้องกันปัญหาการจราจรติดขัด เช่น ถนนสาย ก.10 กำหนดให้ขยายเขตทางเป็น 12 เมตรและก่อสร้างใหม่ บริเวณซอยอิสรภาพ 23 และซอยเจริญสุขทิวาศ์ 4 เป็นต้น เมื่อพิจารณาแผนผังแสดงโครงการกิจการสาธารณูปโภค พบว่า พื้นที่อนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมและส่งเสริมการท่องเที่ยวซึ่งเป็นที่ตั้งของแนวคันป้องกันน้ำท่วมและผนังกันน้ำริมแม่น้ำและคลอง (แม่น้ำเจ้าพระยาและคลองบางกอกน้อย) และอยู่ในพื้นที่บริการบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์และสี่พระยา มีการกำหนดโครงการกิจการ

สาธารณูปโภค ทั้งในลักษณะโครงการโรงบำบัดน้ำเสียและโครงการปรับปรุงคลอง เพื่อการระบายน้ำและป้องกันน้ำท่วม

ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 มีการเพิ่มรายละเอียดข้อกำหนดอันเป็นประโยชน์ต่อการจัดการสิ่งแวดล้อมเมือง เช่น การกำหนดพื้นที่น้ำซึมผ่านได้เพื่อการปลูกต้นไม้ (Biotope Area Factor, BAF) การเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus) ฯลฯ ในส่วนของการมีส่วนร่วมของประชาชน พบว่า การวางและจัดทำผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 มีการจัดประชุมประชาชนมากกว่า 2 ครั้ง ไม่ว่าจะเป็นการจัดประชุมประชาชนตามเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร การประชุมหารือกับผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจในสภาพพื้นที่ การประชุมสัญจรในท้องที่กรุงเทพมหานคร เป็นต้น (สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร, 2556)

ความคิดเห็นของประชาชนที่มีต่อมาตรการทางผังเมืองในการจัดการสิ่งแวดล้อม

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 56.00) มีอายุอยู่ในช่วง 20-30 ปี (ร้อยละ 33.00) ส่วนใหญ่มีการศึกษาในระดับมัธยมศึกษา/อาชีวศึกษา (ร้อยละ 46.39) อาศัยอยู่ในเขตธนบุรี (ร้อยละ 15.00) และมีระยะเวลาในการอยู่อาศัยมากกว่า 12 ปีขึ้นไป (ร้อยละ 41)
2. ข้อมูลความรู้และความเข้าใจเบื้องต้นในมาตรการทางผังเมือง ผู้ตอบแบบสอบถามมากกว่าร้อยละ 50 ไม่รับทราบในมาตรการทางผังเมืองในทุกประเด็น นอกจากนี้ มากกว่าร้อยละ 70 ไม่รับทราบหรือไม่มีความรู้ ความเข้าใจในมาตรการทางผังเมืองในประเด็นการกำหนดอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (Floor Area Ratio, FAR) การกำหนดอัตราส่วนของที่ว่างต่อพื้นที่อาคารรวม (Open Space Ratio, OSR) การเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus) (คิดเป็นร้อยละ 79.00, 82.00 และ 79.00 ตามลำดับ)
3. ข้อมูลความพึงพอใจของประชาชนที่มีต่อข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในระดับปานกลางในข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดิน อย่างไรก็ตาม ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดในเรื่องการดำเนินโครงการโรงบำบัดน้ำเสีย (ร้อยละ 31) และมีความพึงพอใจในระดับมากในการดำเนินโครงการปรับปรุง ขยายและขุดคลอง (ร้อยละ 30) และการดำเนินโครงการก่อสร้างถนน (ร้อยละ 34)
4. ข้อมูลความต้องการของประชาชนเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยมาตรการทางผังเมือง ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความต้องการระดับมาก อย่างไรก็ตาม ผู้ตอบแบบสอบถามมีความต้องการระดับปานกลางในเรื่องการเพิ่มโครงการพัฒนาพื้นที่เฉพาะที่สอดคล้องกับผังเมืองรวม (ร้อยละ 39) การใช้แผนผังและข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินร่วมกับการควบคุมการจัดสรรที่ดิน (ร้อยละ 35) การให้ผู้ใช้ประโยชน์จากการพัฒนาเมืองร่วมรับภาระการลงทุนพัฒนากับภาครัฐ (ร้อยละ 33)

ตารางที่ 1 ความรู้และความเข้าใจเบื้องต้นในมาตรการทางผังเมือง

ความรู้และความเข้าใจเบื้องต้นในมาตรการทางผังเมือง	ร้อยละ	
	ทราบ	ไม่ทราบ
การกำหนดและจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	32.00	68.00
การกำหนดอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (Floor Area Ratio, FAR)	21.00	<u>79.00</u>
การกำหนดอัตราส่วนของที่ว่างต่อพื้นที่อาคารรวม (Open Space Ratio, OSR)	18.00	<u>82.00</u>
การกำหนดเขตบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับการประกอบกิจกรรมอุตสาหกรรมการผลิตที่มีมลพิษน้อย	35.00	65.00
การกำหนดพื้นที่น้ำซึมผ่านได้เพื่อการปลูกต้นไม้	32.00	68.00
การกำหนดระยะร่นรอบอาคาร (ที่ว่างด้านหน้าอาคาร ที่ว่างด้านข้างอาคารและที่ว่างด้านหลังอาคาร)	32.00	68.00
การกำหนดความสูงอาคาร	36.00	64.00
การกำหนดขนาดเขตทางถนนสาธารณะ	44.00	56.00
การกำหนดระยะห่างในการติดตั้งหรือก่อสร้างป้ายจากวัด โบราณสถาน ทางพิเศษหรือถนนสาธารณะ	37.00	63.00
การเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus)	21.00	<u>79.00</u>
การยกเว้นการจัดเก็บภาษีบำรุงท้องที่สำหรับที่ดินที่ได้กำหนดให้เป็นที่โล่ง	34.00	66.00

ที่มา : จากการศึกษาและวิเคราะห์โดยผู้วิจัย, 2559

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจประชาชนที่มีต่อผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556

ความพึงพอใจของประชาชนที่มีต่อข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556	ร้อยละ					
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	ไม่พึงพอใจ
การกำหนดวัตถุประสงค์เป็นเมืองต้นแบบรักษาสภาพแวดล้อม	10.00	34.00	<u>43.00</u>	8.00	5.00	0.00
การยกเว้นโรงงานบางประเภทที่มีพื้นที่ไม่เกิน 500 ตารางเมตร และไม่เป็นมลพิษต่อชุมชนให้ตั้งอยู่ในที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลางและที่อยู่อาศัยหนาแน่นมากได้	13.00	22.00	<u>39.00</u>	17.00	7.00	2.00
การห้ามมีการอยู่อาศัยประเภทอาคารอยู่อาศัยรวมที่มีพื้นที่อาคารรวมเกิน 2,000 เมตร ในที่ดินประเภทอุตสาหกรรม	10.00	20.00	<u>52.00</u>	11.00	7.00	0.00
การห้ามมีสถานบริการในที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง	17.00	19.00	<u>42.00</u>	13.00	7.00	2.00
การให้สิทธิพิเศษในการใช้พื้นที่อาคารเพิ่มขึ้น เมื่อมีการจัดพื้นที่สวนสาธารณะ ที่จอดรถยนต์รอบสถานีรถไฟฟ้า พื้นที่รับน้ำและอาคารประหยัดพลังงาน	17.00	30.00	<u>32.00</u>	13.00	7.00	1.00
การดำเนินโครงการปรับปรุง ขยายและขุดคลอง เพื่อการระบายน้ำและป้องกันน้ำท่วม	28.00	<u>30.00</u>	29.00	8.00	5.00	0.00
การดำเนินโครงการโรงบำบัดน้ำเสียและพื้นที่บริการ	<u>31.00</u>	28.00	25.00	11.00	4.00	1.00
การดำเนินโครงการก่อสร้างและขยายถนน	22.00	<u>34.00</u>	28.00	12.00	3.00	1.00

ที่มา : จากการศึกษาและวิเคราะห์โดยผู้วิจัย, 2559

ตารางที่ 3 ความต้องการประชาชนเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยมาตรการทางผังเมือง

ความต้องการของประชาชนเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อม โดยมาตรการทางผังเมือง	ร้อยละ					
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	ไม่ต้องการ
การให้สิทธิพิเศษเพิ่มขึ้น เมื่อมีการดำเนินการที่คำนึงถึง ประโยชน์สาธารณะและสิ่งแวดล้อม	21.00	<u>48.00</u>	20.00	8.00	3.00	0.00
การเพิ่มโครงการพัฒนาพื้นที่เฉพาะที่สอดคล้องกับผังเมืองรวม	18.00	33.00	<u>39.00</u>	8.00	2.00	0.00
การจัดตั้งองค์กรท้องถิ่นขึ้นมาดูแลและจัดการแต่ละพื้นที่เฉพาะ	20.00	<u>35.00</u>	30.00	12.00	2.00	1.00
การระบูกิจกรรมที่อนุญาต หรือ ไม่อนุญาต หรือ อนุญาตโดยมี เงื่อนไขอย่างชัดเจนและเข้าใจง่าย	21.00	<u>33.00</u>	31.00	13.00	2.00	0.00
การใช้แผนผังและข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินร่วมกับการ ควบคุมการจัดสรรที่ดิน	18.00	29.00	<u>35.00</u>	13.00	5.00	0.00
การใช้แผนผังและข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินร่วมกับการ ควบคุมอาคาร	13.00	<u>37.00</u>	35.00	7.00	8.00	0.00
การใช้มาตรการทางผังเมืองร่วมกับมาตรการทางเศรษฐศาสตร์	11.00	<u>36.00</u>	34.00	15.00	4.00	0.00
การเพิ่มการประชาสัมพันธ์และสร้างความเข้าใจในผังเมือง	25.30	<u>30.30</u>	22.20	17.20	5.00	0.00
การกำหนดบทลงโทษที่เข้มงวดในการฝ่าฝืนและไม่ปฏิบัติตาม มาตรการทางผังเมือง	29.00	<u>32.00</u>	25.00	10.00	4.00	0.00
การมีมาตรการชดเชยให้แก่ผู้ใช้ประโยชน์จากทรัพย์สินได้ต่ำ กว่าศักยภาพ	14.00	<u>38.00</u>	35.00	9.00	4.00	0.00
การให้ผู้ได้รับประโยชน์จากการพัฒนาเมืองร่วมรับภาระการ ลงทุนพัฒนากับภาครัฐ	20.00	27.00	<u>33.00</u>	14.00	6.00	0.00

ที่มา : จากการศึกษาและวิเคราะห์โดยผู้วิจัย, 2559

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผู้ตอบแบบสอบถามโดยส่วนใหญ่หรือมากกว่าร้อยละ 50 ยังขาดซึ่งความรู้ ความเข้าใจเบื้องต้นในมาตรการทางผังเมือง นอกจากนี้ การขาดความรู้ ความเข้าใจมีมากขึ้นในมาตรการทางผังเมืองที่ต้องมีการคำนวณทางตัวเลขเข้ามาเกี่ยวข้อง เป็นต้น
2. จากสถานการณ์สิ่งแวดล้อมในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา ส่งผลให้ประชาชนยังไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในทางที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่จึงมีความพึงพอใจระดับปานกลางเป็นส่วนใหญ่ในข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการสิ่งแวดล้อม
3. ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 ตระหนักและเห็นความสำคัญของการป้องกันและแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมมาก ดังจะเห็นได้จากการดำเนินโครงการโรงบำบัดน้ำเสียและพื้นที่บริการโครงการบำบัดน้ำเสีย อันส่งผลให้ประชาชนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดในประเด็นดังกล่าว
4. ประชาชนมีความต้องการระดับมากเป็นส่วนใหญ่ในเรื่องการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยมาตรการทางผังเมือง สะท้อนให้เห็นว่า ประชาชนตระหนักและเห็นถึงความสำคัญของมาตรการทางผังเมืองที่สามารถฟื้นฟู ปรับปรุงและส่งเสริมการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของกรุงเทพมหานครในอนาคตได้

5. ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 มีลักษณะการควบคุมตามตัวบทกฎหมายโดยประกาศเป็นกฎกระทรวงให้ใช้บังคับในราชกิจจานุเบกษา (มาตรการเชิงลบ) มีการกำหนดแผนผังแสดงที่โล่ง แผนผังแสดงโครงการคมนาคมและขนส่ง แผนผังแสดงโครงการกิจการสาธารณูปโภคที่สนับสนุนและขึ้นำการพัฒนาของภาคเอกชน (มาตรการเชิงบวก) และมีการกำหนดอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินที่เพิ่มขึ้น (Floor Area Ratio Bonus, FAR Bonus) (มาตรการส่งเสริมหรือเหนี่ยวนำ)

6. การจัดการสิ่งแวดล้อมเป็นประเด็นสำคัญประการหนึ่งในการวางและจัดทำผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 ดังจะเห็นได้จากรายละเอียดและการจัดทำผังที่คำนึงถึง ซึ่งรายละเอียดดังกล่าวมีผลบังคับใช้ในทุกพื้นที่ของกรุงเทพมหานคร

7. แม้การวางและจัดทำผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 จะมีการจัดประชุมประชาชนมากกว่า 2 ครั้ง แต่จากแนวคิดของ Sherry R. Arnstein (1969) และกรณีศึกษาในต่างประเทศเป็นการสะท้อนให้เห็นถึงการส่งเสริมให้เอกชนและภาคประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการทางผังเมืองของกรุงเทพมหานครยังมีไม่มากเท่าที่ควร

8. จากแนวคิดในเรื่องเทคนิคการควบคุมการใช้ที่ดินและกรณีศึกษาในต่างประเทศจะเห็นว่า มาตรการทางผังเมืองมีเทคนิคการควบคุมการใช้ที่ดินที่หลากหลาย ซึ่งถึงแม้ในผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 จะมีการนำเทคนิคบางอย่างมาใช้ แต่ยังไม่มีความไม่ครบถ้วนและหลากหลายเท่าที่ควร เนื่องจากการขาดความรู้ ความเข้าใจในมาตรการทางผังเมืองอย่างแท้จริง อย่างไรก็ตาม สำนักงานผังเมือง กรุงเทพมหานครในปัจจุบัน ได้ดำเนินการศึกษาเทคนิคการควบคุมการใช้ที่ดินที่หลากหลายมากขึ้น เช่น การกำหนดการพัฒนาเบ็ดเสร็จเป็นเขต (Planned Unit Development) เป็นต้น

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

1. การดำเนินการให้ข้อมูลข่าวสารแก่ประชาชน และการสร้างความรู้ ความเข้าใจพื้นฐานในเรื่องมาตรการทางผังเมืองที่กว้างขวางและเข้าใจง่ายขึ้น ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องการวางและจัดทำผังเมืองรวม เทศบัญญัติและข้อบัญญัติที่เป็นมาตรการทางผังเมืองของกรุงเทพมหานคร ตลอดจนเทคนิคการควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดินต่างๆ จะสามารถลดปัญหาการขาดความรู้ ความเข้าใจเบื้องต้นในมาตรการทางผังเมืองที่มากกว่าร้อยละ 50 ในมาตรการทางผังเมืองแทบทุกประเด็น จึงก่อให้เกิดความสัมฤทธิ์ผลของการนำผังเมืองรวมไปสู่การปฏิบัติ

2. การเปิดโอกาสให้ประชาชนมีส่วนร่วมในกระบวนการวางแผน ตั้งแต่ขั้นตอนการวางแผน การดำเนินการ การใช้ประโยชน์ การแบ่งปันผลประโยชน์ และการประเมินผล และระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนที่เน้นการให้ความคิดเห็นต่อภาครัฐและการเข้าไปมีส่วนร่วมในตัดสินใจช่วยส่งเสริมให้เอกชนและภาคประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการทางผังเมืองของกรุงเทพมหานครมากขึ้น

3. การกำหนดบทลงโทษที่เข้มงวดในการฝ่าฝืนตามมาตรการทางผังเมืองในอนาคต นอกจากจะสอดคล้องกับความคิดเห็นของประชาชนที่ส่วนใหญ่มีระดับความต้องการมากแล้ว ยังก่อให้เกิดการจัดการสิ่งแวดล้อมตามแนวคิดและหลักการการจัดการสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

4. ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 ยังไม่ได้นำเทคนิคการควบคุมการใช้ที่ดินที่หลากหลายมาใช้หรือนำมาใช้เพียงแคในวงจำกัด ไม่ว่าจะเป็นการกำหนดการพัฒนาเบ็ดเสร็จเป็นเขต (Planned Unit Development) การกำหนดย่านพิเศษ (Special District) ฯลฯ ตลอดจนมาตรการทางผังเมืองในลักษณะ

มาตรการส่งเสริมหรือเหนี่ยวยว้ (Incentive or Deductive Measures) ซึ่งนอกจากจะตอบสนองกับความต้องการของประชาชนที่มีในระดับมากแล้ว ยังเป็นการสร้างแรงจูงใจให้เกิดความร่วมมือจากประชาชน

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้ เป็นส่วนหนึ่งของผลงานวิจัยเรื่อง “มาตรการทางผังเมืองกับการจัดการสิ่งแวดล้อมในกรุงเทพมหานคร” ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2558 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จึงขอขอบคุณกองบริหารการวิจัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิตมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- นพนนท์ ตาปานานนท์. (ม.ป.ป.). การวางแผนภาคและเมือง (Urban and Regional Planning). เอกสารคำสอนวิชา 2503515, กรุงเทพฯ : ม.ป.ท.
- วรลักษณ์ คงอ้วน. (2559). การวางแผนและการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมเมือง. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ศศิณา ภาว. (2550). ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : บริษัท ส.เอเชียเพรส (1989) จำกัด.
- ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2547). หลักกฎหมายผังเมืองและระบบการผังเมืองของต่างประเทศ กรณีศึกษา: ประเทศสหรัฐอเมริกา. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท.
- ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2547). หลักกฎหมายผังเมืองและระบบการผังเมืองของต่างประเทศ กรณีศึกษา: ประเทศสหราชอาณาจักร. กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.
- สมศักดิ์ วงศ์ราษฎร์. (2549). มาตรการทางกฎหมายเพื่อการพัฒนาเมืองใหม่. วิทยานิพนธ์นิติศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชานิติศาสตร์ คณะนิติศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.
- สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร (ม.ป.ป.). มาตรการทางผังเมืองของกรุงเทพมหานคร. กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.
- สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร. (2556). สรุปสาระสำคัญผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556. กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.
- สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผล. (ม.ป.ป.). สถิติกรุงเทพมหานคร 2556. สืบค้นเมื่อวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2560 , จ าก <http://www.bangkok.go.th/pipd/page/sub/5491/หนังสือสถิติกรุงเทพมหานคร-2556>.
- สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผล. (ม.ป.ป.). สถิติกรุงเทพมหานคร 2558. สืบค้นเมื่อวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2560 , จ าก <http://www.bangkok.go.th/pipd/page/sub/9050/หนังสือสถิติกรุงเทพมหานคร-2558>.
- American Planning Association. (2007). Planning and Urban Design Standards Student Edition. New Jersey: John Wiley and Son, Inc.
- Tyler, M. G. (2002). Living in The Environment: Principles, Connections, and Solutions. 12th ed. The United States of America: Thomson Learning, Inc.

การวิเคราะห์หว่านเตอร์ฟุตพรีนธ์โดยใช้โปรแกรม CROPWAT 8.0 จากการเพาะปลูกมะยงชิด :
กรณีศึกษาตำบลป่าชะ อำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก

นิตยา พักตร์วิไล^{1*} สามารถ พรเจริญ² วารินทร์ เวียงรัตน์³

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาค่าหว่านเตอร์ฟุตพรีนธ์ของการเพาะปลูกมะยงชิดในพื้นที่ตำบลป่าชะ อำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก โดยใช้โปรแกรม CROPWAT 8.0 การเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามในกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรที่มีพื้นที่เพาะปลูกมะยงชิดจำนวน 57 ราย และข้อมูลหัตถ์ภูมิประกอบด้วยข้อมูลสภาพภูมิอากาศ การใช้น้ำของพืช ข้อมูลชุดดิน ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรจะมีการปลูกมะยงชิดพันธุ์ทุลเกล้าทั้งหมด น้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกมาจากน้ำฝน และน้ำคลองธรรมชาติและสระน้ำ ช่วงระยะเวลาในการให้น้ำ 3 วัน/ครั้ง การบำรุงโดยปุ๋ยและสารเคมีกำจัดศัตรูพืชใช้ในขั้นตอนการบำรุงรักษาเป็นหลัก ผลการวิเคราะห์หว่านเตอร์ฟุตพรีนธ์ของการเพาะปลูกมะยงชิดแบ่งเป็น พบว่าหว่านเตอร์ฟุตพรีนธ์รวม (WF total) อยู่ที่ 627.5 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน หว่านเตอร์ฟุตพรีนธ์สีเขียว (WF green) 590.5 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน และหว่านเตอร์ฟุตพรีนธ์สีเทา (WF gray) 37.0 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน คิดเป็นอัตราส่วนระหว่าง WFgreen: WFblue: WFgray อยู่ที่ 94.1:0.5:9 สำหรับค่าฟุตพรีนธ์การขาดแคลนน้ำของการเพาะปลูกมะยงชิดอยู่ที่ 1.13 ลูกบาศก์เมตรเทียบเท่า ผลการศึกษาพบว่าในพื้นที่ไม่พบปัญหาการขาดแคลนน้ำมีความเหมาะสมในการปลูกมะยงชิดและการใช้สารเคมีน้อยซึ่งเป็นไปตามแนวทางในการผลิตและบริโภคอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ : หว่านเตอร์ฟุตพรีนธ์ โปรแกรม CROPWAT 8.0 การเพาะปลูกมะยงชิด

¹ หลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
จังหวัดปทุมธานี e-mail: pakvilai_n@hotmail.com, nisa@vru.ac.th

² กองวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า จังหวัดนครนายก
e-mail: majorsamartp.crma@gmail.com

³ ผู้จัดการทั่วไป บริษัท แอสเสท เวิร์ด คอร์ป จำกัด (มหาชน) จังหวัดกรุงเทพ

* ผู้มีพันธ์หลัก e-mail: pakvilai_n@hotmail.com

WATER FOOTPRINT ANALYSIS USING BY CROPWAT 8.0 OF MARIAN PLUM : CASE STUDY IN PAKA SUBDISTRICT, BANNA DISTRICT, NAKORNNAYOK PROVINCE

Nisa Pakvilai^{1*} Samart Porncharoen² Warin Weingrat³

Abstract

The purpose of this research was to analyze the water footprint using the CROPWAT 8.0 program of Marian Plum in Paka Subdistrict, Banna District, Nakornnayok Province. The data collected from the questionnaire were collected from 57 farmers. Secondary data includes climate data, water use of plants, soil series data. The result of this study showed all of farmers will grow Marian Plum (*Bouea macrophylla*) cv. Toon Klaow. The water used for cultivation comes from rain water, natural canal and pond. Duration of irrigation 3 days / time. Fertilizer and pesticide use in the maintenance phase. The water footprint analysis of Marian Plum plantation showed that the WF total was 627.5 m³/tonne, consisting of 590.5 m³/tonne of green water footprint (WF green) and gray water footprint (WF gray) 37.0 m³/tonne. Ratio of water footprint of WFgreen: WFblue: WFgray rating is 94.1: 0: 5.9. Water Scarcity Footprint of Marian Plum in Nakornnayok Province at 1.13 m³. The study found that water shortage was not suitable for growing in the area. The use of less chemicals, which is consistent with sustainable production and consumption practices.

Keywords : Water Footprint, CROPWAT 8.0, Marian Plum,

¹ Environmental Program, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: pakvilai_n@hotmail.com, nisa@vru.ac.th

² Division of Environmental Program, Education, Chulachomklao Royal Military Academy, Nakornnayok Province, e-mail: majorsamartp.crema@gmail.com

³ Finance Officer, Business Printing Company Limited, Nonthaburi.

* Corresponding author, e-mail: pakvilai_n@hotmail.com

บทนำ

ปัจจุบันการค้าโลกให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม และสุขภาพอนามัยของมนุษย์ โดยเฉพาะประเด็นเรื่องภาวะโลกร้อนและการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างฟุ่มเฟือย ทำให้การผลิตสินค้าเพื่อเข้าสู่ระบบการตลาดโลกต้องเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ทำให้ต้องมีการกำหนดมาตรฐานสินค้าเกิดขึ้น เช่น มาตรฐานการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practices) นโยบายสินค้าครบวงจร (Integrated Product Police) โดยใช้การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment) (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2547; ลักขณา, 2555)

น้ำเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญต่อการผลิตภาคการเกษตรเพื่อการเพาะปลูก ประเทศไทยอยู่ในลำดับที่ 6 ของโลกที่มีการใช้น้ำมากที่สุดในโลก การใช้น้ำเพื่อการผลิตในประเทศไทยมีการขาดดุลน้ำในการส่งออกปีละ 26,960 ลูกบาศก์เมตรต่อปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 6, 2558) ดังนั้นการจัดการโดยการใช้ตัวอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพจึงเป็นเรื่องจำเป็นอย่างยิ่ง การบริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ยั่งยืน และเป็นทางเลือกที่เกิดขึ้นได้ โดยใช้เครื่องมือคือ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ หรือรอยเท้า น้ำ ซึ่งเป็นแนวคิดของ Arjen Y.H. (2008) ที่เสนอแนวคิดของหลักจัดการน้ำ เป็นค่าชี้วัดการใช้น้ำของผู้ผลิตหรือผู้บริโภค (กมลพร, 2554)

ปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าและบริการทั้งทางตรงและทางอ้อมที่เป็นผลรวมของปริมาณน้ำทุกขั้นตอนมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อปี สำหรับวอเตอร์ฟุตพริ้นท์แบ่งได้ 3 รูปแบบคือ 1) วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีน้ำเงิน (blue water footprint) เป็นน้ำที่มาจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ทั้งแหล่งน้ำผิวดินและใต้ดิน 2) วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเขียว (green water footprint) เป็นน้ำที่อยู่ในรูปของความชื้นในดิน และ 3) วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทา (grey water footprint) เป็นน้ำเสียที่เกิดขึ้น โดยหน่วยวัดของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ คือ ลูกบาศก์เมตรต่อตัน สำหรับวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในพืช (ทิพย์ภา, 2552) สามารถคำนวณได้จากปริมาณน้ำที่พืชใช้และปริมาณผลผลิตของพืชนั้น ในการคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนประกอบด้วย 1) การหาค่าการคายน้ำของพืช 2) การหาค่าความต้องการใช้น้ำของพืชโดยวิธีสมมูลน้ำบริเวณรากพืช และ 3) การหาค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์โดยใช้ข้อมูลผลผลิตและปริมาณการใส่ปุ๋ยเคมี

มะยงชิด (*Bouea oppositifolia* (Roxb.) Meisn.) เป็นพืชตระกูลเดียวกับมะปราง ซึ่งมีรสชาติเปรี้ยวอมหวานเป็นที่นิยมของตลาดในต่างประเทศ เช่น สาธารณรัฐอาหรับเอมิเรตส์ ฝรั่งเศส และแคนาดา (ทวีป หลวงแก้ว และคณะ, 2558) มะยงชิดเป็นผลไม้ที่มีลักษณะเด่นเฉพาะตัว หายาก มีผลผลิตส่งออกสู่ตลาดปริมาณน้อย โดยผลผลิตที่เป็นที่นิยมต้องมีรสชาติหวาน ผลใหญ่ และเม็ดเล็ก ปัจจุบันมะยงชิดนับเป็นไม้ผลเศรษฐกิจของจังหวัดนครนายกที่เกษตรกรนิยมปลูกเป็นการค้า ผลผลิตจะออกสู่ตลาดช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคมของทุกปี

จังหวัดนครนายกมีการเพาะปลูกมะยงชิดในเขตอำเภอเมือง อำเภอปากพลี และอำเภอบ้านนา โดยมีพื้นที่ปลูกที่ให้ผลผลิตแล้วประมาณ 3,000 ไร่ในปี 2553 (พนม, 2554) และในการศึกษาของ ทวีป, 2558 พบว่ามีสถิติการปลูกเพิ่มขึ้นโดยในปี 2556 พบว่ามีพื้นที่ปลูกประมาณ 20,201 ไร่ มีผลผลิต 2,726,660 กิโลกรัม ผลผลิตเฉลี่ย 348 กิโลกรัมต่อไร่ (ทวีป, 2558) ปัจจุบันพบว่ามีความนิยมในการเพาะปลูกมากขึ้นนอกจากจังหวัดนครนายกยังมีแหล่งปลูกที่สำคัญได้แก่ กำแพงเพชร ปราชินบุรี และนครสวรรค์ เป็นต้น เพื่อให้มีข้อมูลปริมาณการใช้น้ำที่เหมาะสมโดยวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการเพาะปลูกมะยงชิด ซึ่งจะเป็นการช่วยเกษตรกรและหน่วยงานที่ดูแลเชิงนโยบายด้านน้ำนำไปใช้ในการตัดสินใจในการเพาะปลูกที่จะเกิดประสิทธิภาพและมีผลผลิตสินค้าทางการเกษตรที่เพิ่มมากขึ้น และนำข้อมูลมาใช้ในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ต่อไป

การคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน (ทิพย์ปภา, 2552) ประกอบด้วย 1) การหาค่าการคายน้ำของพืช 2) การหาค่าความต้องการใช้น้ำของพืชโดยวิธีสมมูลน้ำบริเวณรากพืช และ 3) การหาค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์โดยใช้ข้อมูลผลผลิตและปริมาณการใช้น้ำปุ๋ยเคมี สำหรับการวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์จะทำการวิเคราะห์โดยศึกษาผลรวมปริมาณการใช้น้ำของการเพาะปลูกตามสมการ (1)

$$WF_{total} = WF_{green} + WF_{blue} + WF_{grey} \dots\dots\dots (1)$$

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ 1) ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกร ข้อมูลกระบวนการผลิต ปริมาณและรูปแบบการใช้น้ำ 2) การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของมะยงชิด ประกอบด้วย ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช การใช้น้ำของพืชอ้างอิง ผลวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (ปริมาณการใช้น้ำ) ของการผลิตมะยงชิด ซึ่งผลการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์

ผลการสัมภาษณ์เกษตรกรจำนวน 57 คน พบว่าเป็นเพศชายร้อยละ 71.9 ช่วงอายุที่ตอบมากที่สุดคือ 41-50 ปี ร้อยละ 49.1 ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษาร้อยละ 52.6

จากการสอบถามข้อมูลทั่วไปของการเพาะปลูกมะยงชิดพบว่าพื้นที่เฉลี่ยในการเพาะปลูกเฉลี่ย 5 ไร่ โดยเกษตรกรที่มีพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุด 16 ไร่ น้อยที่สุด 1 ไร่ เกษตรกรมีการเพาะปลูกพันธุ์ทุลเกล้าทั้งหมดเนื่องจากเป็นพันธุ์ที่ดี มีการเพาะปลูกมากที่สุดในจังหวัดนครนายกเนื่องจากเป็นที่นิยมของตลาดเพราะมะยงชิดมีผลขนาดใหญ่ รสชาติดีหวาน เม็ดเล็ก เนื้อหนา

สำหรับรูปแบบการเพาะปลูกใช้กิ่งทาบร้อยละ 100 ด้านช่วงระยะเวลาในการเพาะปลูกพบว่ามะยงชิดจะเริ่มให้ผลผลิตหลังจากปลูก 3 ปีโดยจะติดผลปีละ 1 ครั้งโดยในช่วงเดือนพฤศจิกายนมะยงชิดจะเริ่มออกดอก ธันวาคมดอกจะเริ่มบาน มกราคมจะเป็นช่วงติดผล สามารถเก็บเกี่ยวได้ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม ด้านผลผลิตเฉลี่ย 249.7 กิโลกรัมต่อไร่ (1.56 ตันต่อเฮกตาร์) ผลผลิตมากที่สุดที่ 600 กิโลกรัมต่อไร่ น้อยที่สุด 95 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

จากการสอบถามถึงการใช้น้ำพบว่าพื้นที่เพาะปลูกมีน้ำจาก 2 แหล่งคือน้ำจากสระ/บ่อ และน้ำจากคลองธรรมชาติร้อยละของการใช้อยู่ที่ 57.9 และ 42.1 % ตามลำดับโดยความถี่ในการให้น้ำที่มีผู้ตอบมากที่สุดคือ 3 วันต่อครั้ง ร้อยละ 89.4 ของเกษตรกรทั้งหมด ระยะเวลาในการให้น้ำต่อครั้ง 2 ชั่วโมงต่อครั้งมีผู้ตอบร้อยละ 47.3 รองลงมาคือ 1 และ 3 ชั่วโมงต่อครั้งเท่ากันอยู่ที่ร้อยละ 19.3 ตามลำดับ ในส่วนของการรับน้ำเข้าแปลงร้อยละ 68.4 ใช้สปริงเกอร์ และเกษตรกรร้อยละ 29.8 รับน้ำเข้าแปลงเพาะปลูกรดน้ำโดยใช้การลากสายยาง

การใช้สารเคมีเพื่อปลูกมะยงชิดของเกษตรกรจะมีการใช้ 2 ระยะเวลาการปลูก คือ ช่วงปลูกและช่วงบำรุงรักษา ในกระบวนการเพาะปลูกมะยงชิดมีการบำรุงโดยการใส่ปุ๋ย และสารเคมีแสดงดังตารางที่ 1 โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์จะใส่เพื่อบำรุงดินเดิมในช่วงเพาะปลูก บำรุง และหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงนี้มีการให้น้ำเพื่อฟื้นฟูและบำรุงต้น ปุ๋ยน้ำชีวภาพมีเกษตรกร 3 รายที่ใช้เพื่อบำรุงต้นเฉลี่ย 142 ลิตร/ไร่ ในส่วนของปุ๋ยเคมีมีเกษตรกรจำนวน 12 ราย คิดเป็นร้อยละ 21 ของเกษตรกรทั้งหมดที่ใช้ปุ๋ยเคมี โดยใช้สูตร สูตร 15-15-15, 13-13-21, 25-7-7, 16-16-16, 8-24-24 เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่าเกษตรกร 29 ราย มีการใช้สารกำจัดวัชพืชและสารกำจัดศัตรูพืชคิดเป็นร้อยละ 50.8

ตารางที่ 1 การใส่สารบำรุงในการเพาะปลูกมะยงชิดข้อมูลจากการสัมภาษณ์

รายการ	ปริมาณ	หน่วย	ชื่อผลิตภัณฑ์
ปุ๋ยอินทรีย์	1,685	กิโลกรัม/ไร่	ปุ๋ยคอก
ปุ๋ยชีวภาพ	142	ลิตร/ไร่	ปุ๋ยน้ำชีวภาพ
ปุ๋ยเคมี	40-95	กิโลกรัม/ไร่	สูตร 15-15-15, 13-13-21, 25-7-7, 16-16-16, 8-24-24
สารกำจัดวัชพืช	0.1-0.3	ลิตร/ไร่	ยาฆ่าหญ้า
สารกำจัดศัตรูพืช	0.1-0.2	ลิตร/ไร่	ยาฆ่าแมลง, ยาฆ่าเชื้อรา

ที่มา: การสำรวจจากแบบสอบถาม

การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของมะยงชิด

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient: Kc) ของการศึกษาค้างนี้ได้ประยุกต์มาจากค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชตามช่วงระยะการเจริญเติบโตของไม้ผลทั่วไป ของดิเรก ทองอร่ามและคณะ (2545) โดยช่วงการเจริญเติบโตของผลจะมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชมากที่สุด รองลงมาคือการพัฒนาการของผลอ่อน การติดผล การเริ่มผลของผลที่พร้อมเก็บเกี่ยว การพัฒนาการของดอก การพัฒนากิ่ง ก้าน สาขา และการชักนำการออกดอกตามลำดับ สำหรับคำนวณสภาวะการเจริญเติบโตในแต่ละเดือนซึ่งได้จากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกมะยงชิดพบว่า แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชตามช่วงระยะการเจริญเติบโตของมะยงชิด

ช่วงระยะเวลาการเติบโต	ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช ¹	เดือน ²
การพัฒนากิ่ง ก้าน สาขา	0.75	เมษายน-มิถุนายน
การชักนำการออกดอก	0.00/0.75	กรกฎาคม-สิงหาคม
การพัฒนาการของดอก	0.80	กันยายน-ตุลาคม
การติดผล	0.90	พฤศจิกายน
การพัฒนาการของผลอ่อน	0.95	ธันวาคม
การเจริญเติบโตของผล	1	มกราคม
การเริ่มสุกแก่เก็บเกี่ยว	0.85	กุมภาพันธ์-มีนาคม

ที่มา: ¹ดิเรก ทองอร่ามและคณะ, 2545

² จากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกมะยงชิด

สภาพภูมิอากาศของการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ความต้องการน้ำของพืชเกี่ยวข้องกับการระเหยและการคายน้ำของพืช สำหรับตารางที่ 3 แสดงค่าศักยภาพการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration, ETo) พบว่าเดือนเมษายนจะมีการระเหยน้ำของพืชมากที่สุด ในส่วนของเดือนธันวาคมจะมีค่าการระเหยน้ำที่น้อยที่สุด เฉลี่ยค่าศักยภาพการคายระเหยน้ำของพืชของพื้นที่ตลอดทั้งปีอยู่ที่ 3.40 มม.ต่อวัน 10.3.30 มม.ต่อเดือน ตามลำดับ

ค่าความต้องการน้ำของพืช (Crop Water Requirement , CWR) ในระยะการพัฒนากิ่ง ก้าน สาขาต้องการน้ำมากที่สุดอยู่ที่ 117.84 ลบ.ม.ต่อไร่ ช่วงระยะการพัฒนาการของดอกเป็นช่วงที่ต้องการน้ำของพืชน้อยที่สุด ค่าความต้องการน้ำของพืชเฉลี่ยอยู่ที่ 92.59 ลบ.ม.ต่อไร่แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ค่าการระเหยน้ำของพืชอ้างอิงรายวันและรายเดือน

เดือน	ค่าการระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (ET _o) รายวัน (มม.ต่อวัน) ¹	จำนวนวันในแต่ละ เดือน(วัน) ²	ค่าการระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (ET _o) รายเดือน (มม.ต่อเดือน)
มกราคม	2.87	31	88.97
กุมภาพันธ์	3.43	28	96.04
มีนาคม	3.79	31	117.49
เมษายน	4.14	30	124.20
พฤษภาคม	3.87	31	119.97
มิถุนายน	3.57	30	107.10
กรกฎาคม	3.39	31	105.09
สิงหาคม	3.26	31	101.06
กันยายน	3.18	30	95.40
ตุลาคม	3.30	31	102.30
พฤศจิกายน	3.16	30	94.80
ธันวาคม	2.83	31	87.73
เฉลี่ย	3.40		103.3

ที่มา: ¹การระเหยของพืชอ้างอิงโดยใช้การคำนวณโดย CROP WAT8.0 จากข้อมูลอุณหภูมิจังหวัดปราจีนบุรี
²จำนวนวันเป็นรายเดือน

ตารางที่ 4 การประมวลผลข้อมูลน้ำฝนรายเดือนของมะยงชิด (กรณีใช้น้ำชลประทาน)

ช่วงระยะเวลาการเติบโต	ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ น้ำของพืช ¹	ค่าการระเหยน้ำของพืช อ้างอิง(มม.ต่อเดือน)	ค่าความต้องการน้ำของ พืช (ลบ.ม.ต่อไร่)
การพัฒนากิ่ง ก้าน สาขา	0.75	117.09	117.84
การชักนำการออกดอก	0.00/0.75	103.08	103.08
การพัฒนาการของดอก	0.80	98.55	78.84
การติดผล	0.90	94.80	85.32
การพัฒนาการของผลอ่อน	0.95	87.73	83.34
การเจริญเติบโตของผล	1	88.97	88.97
การเริ่มสุกแก่เก็บเกี่ยว	0.85	106.77	90.75

¹การระเหยของพืชอ้างอิงโดยใช้การคำนวณโดย CROP WAT8.0 จากข้อมูลอุณหภูมิจังหวัดปราจีนบุรี

การเพาะปลูกมะยงชิดในพื้นที่ตำบลป่าชะ อำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก พบว่าทั้งหมดทำการเพาะปลูกอยู่ในเขตน้ำฝน การใช้โปรแกรม CROPWAT Version 8.0 เพื่อหาค่าการคายระเหยน้ำของพืชในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบภายใต้ 2 เงื่อนไขคือ 1) พืชมีการใช้น้ำฝนเพียงอย่างเดียว 2) มีการใช้น้ำจากน้ำฝนและแหล่งน้ำธรรมชาติ (บ่อ/สระน้ำ) จะพิจารณาภายใต้เงื่อนไข คือภายใต้การใช้น้ำฝนและภายใต้การใช้น้ำชลประทานกำหนดให้สร้างสถานการณ์แบบพืชมีการใช้น้ำได้อย่างไม่จำกัด ค่าการคายระเหยน้ำของพืช ค่าความต้องการน้ำของพืช รวมถึง ค่า Green Water Footprint (WF_{green}) และ Blue Water Footprint (WF_{blue}) ของการเพาะปลูกมะยงชิด แสดงในตารางที่ 5

นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาค่าฟุตพริ้นท์การขาดแคลนน้ำ (Water Scarcity Footprint) คำนวณจากปริมาณการใช้น้ำและความตึงเครียดด้านน้ำ เพื่อดูโอกาสของผลกระทบต่อการใช้ในการเพาะปลูกสำหรับปริมาณการใช้น้ำในการเพาะปลูกมะยงชิดเท่ากับ 70.8 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทุเรียน ส่วนค่าดัชนีความตึงเครียดของน้ำ (WSI) ของลุ่มน้ำปราจีนบุรีอยู่ที่ 0.016 ซึ่งมีค่าไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับลุ่มน้ำในภูมิภาคอื่น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 6, 2558) ค่าฟุตพริ้นท์การขาดแคลนน้ำของการเพาะปลูกมะยงชิดในพื้นที่ตำบลป่าชะ อำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายกอยู่ที่ 1.13 ลูกบาศก์เมตรเทียบเท่า

ตารางที่ 5 ปริมาณน้ำที่พืชใช้และค่าร่องรอยการใช้น้ำของการเพาะปลูกมะยงชิด

รายการ	ปริมาณน้ำที่พืชใช้ (กรณีไม่มีระบบชลประทาน)	ปริมาณน้ำที่พืชใช้ เกษตรแบบน้ำฝน (กรณีที่มีระบบชลประทาน)
ปริมาณน้ำฝนทั้งหมด (mm)	1,835.1	1,835.1
CWU _{green} (m ³ /Rai)	918.9	918.9
CWU _{blue} (m ³ /ton)	0.0	110.2
CWU _{total} (m ³ /ton)	918.9	1,040.4
Y (ton/ไร่)	0.249	0.249
WF _{green} (m ³ /ton)	590.5	590.5
WF _{blue} (m ³ /ton)	0	70.8
WF _{gray} (m ³ /ton)	37.0	37.0
WF _{total} (m ³ /ton)	627.5	698.3

สรุป

การประเมินร่องรอยการใช้น้ำของการเพาะปลูกมะยงชิดในพื้นที่ตำบลป่าชะ อำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายกอัตราส่วนระหว่าง WF_{green}: WF_{blue}: WF_{gray} อยู่ที่ 94.1:0:5.9 ในกรณีที่มีการใช้น้ำจากชลประทานอัตราส่วนจะอยู่ที่ 84.6: 10.1:5.3 จะเห็นได้ว่าไม่มีความแตกต่างกัน

จากการศึกษาจะพบว่า WF_{green} มีสัดส่วนมากกว่าประเภทอื่นแสดงให้เห็นว่าน้ำฝนเป็นปัจจัยสำคัญในการเพาะปลูกในจังหวัดนครนายก ในส่วนของ WF_{blue} มีเฉพาะเกษตรชลประทานเท่านั้นที่ใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติทำให้ได้ผลผลิตที่ดีกว่า นอกจากนี้เมื่อศึกษาค่าฟุตพริ้นท์การขาดแคลนน้ำของการเพาะปลูกมะยงชิดพบว่าไม่มีความเสี่ยงหรือมีความเสี่ยงการขาดแคลนน้ำน้อยมาก

เอกสารอ้างอิง

- กมลพร อยู่สบาย. (2554). “Water Footprint” รอยเท้าน้ำ. ส่วนน้ำเสียเกษตรกรรม สำนักจัดการคุณภาพน้ำ, กรมควบคุมมลพิษ
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2528-2557). ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือน อุณหภูมิสูงสุด-อุณหภูมิต่ำสุดรายเดือน ความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือน เฮอร์เซนความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเฉลี่ย ชั่วโมงที่มีแสงแดดเฉลี่ยรายเดือนของสถานีปราจีนบุรี. ปราจีนบุรี.
- ชีนาธิปกรณีย์ พงศ์ภิญโญภาพ และ อารังรัตน์ มุ่งเจริญ. (2554). วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในประเทศไทย. วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 75 (24), 41-52.
- ดิเรก ทองอร่าม. (มปป). ความต้องการน้ำของพืช. ฝ่ายเกษตรชลประทาน กองจัดสรรน้ำและบำรุงรักษา กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 67 หน้า
- ดิเรก ทองอร่ามและคณะ. (2545). ปริมาณการใช้น้ำของพืช [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://somsak.lru.ac.th/Site/Academics_files/lesson%203.pdf. (วันที่สืบค้นข้อมูล 24 พฤศจิกายน 2561)
- ทวีป หลวงแก้ว, ณรงค์ แดงเปี่ยม, อนุรักษ์ สุขารมย์, เส็งี่ยม แจ่มจำริญ และสมชาย บุญประดับ. (2558). โครงการวิจัยและพัฒนาการผลิตมะพร้าวอย่างมีคุณภาพ. กรมวิชาการเกษตร.
- ทิพย์ประภา สุขุมลาชาติ. (2552). ศึกษาการประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://fic.nfi.or.th/waterfootprint/index.php/component/content/article/14-sampled-data-articles/86-thaifood-footprint>. (วันที่สืบค้นข้อมูล 24 พฤศจิกายน 2561)
- ธารทิพย์ เศรษฐชาญวิทย์. (2559). การประยุกต์หลักการการประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง. วารสารพัฒนบริหารศาสตร์, ปีที่ 56 (3) หน้า 221-252.
- นิมมานรดี เกตุเดชา. (2556). การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ไม้ยางพาราแปรรูป กรณีศึกษา: จังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดจันทบุรี. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- พนม เกิดแสง. (2554). มะพร้าวหวาน มะยงชิด [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/panom.pdf>. (วันที่สืบค้นข้อมูล 24 พฤศจิกายน 2561)
- ภัทรวลี มณีสุธรรม, อัจฉรา อัครจุฑิกลชัย และ กาญจนา นาคะภากร. (2559). วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการเพาะปลูกส้มสายน้ำผึ้ง อำเภอดงหลวง จังหวัดเชียงใหม่ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://conference.forest.ku.ac.th/iDocument/edit_20160427_112503.pdf. (วันที่สืบค้นข้อมูล 24 พฤศจิกายน 2561)
- ลักขณา เจริญสุข, รัตชยุดา กองบุญ, เศรษฐ สัมภัตตะกุล. (2555). การวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของปาล์มน้ำมันสำหรับผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทย. การประชุมวิชาการและนำเสนองานทางวิศวกรรมนวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 1 ประจำปี 2555. 17-18 ตุลาคม 2555, ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา กรุงเทพฯ.

- วลัยพร ศะศิประภา, จินณจาร์ หาญเศรษฐสุข, กุสุมา รอดแผ้วพาล, ปฐมพงษ์ วงศ์สุวรรณ, ดร.ณิ เพ็งฤกษ์, เสาวรี บำรุง, วารีย์ เวรวรรณ์, สายทิพย์ อุดพั้ว และอนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์. (2560). การวิเคราะห์ห้วงเทอร์ฟุตพรีนซ์ของน้ำดื่มสำเร็จรูปที่มีการจัดการน้ำแตกต่างกัน. **วารสารวิชาการเกษตร** ปีที่ 36 (2), 173-185.
- สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. (2547). **คู่มือการจัดการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์**. ภายใต้โครงการจัดทำฐานข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิตการผลิตปูนซีเมนต์และเหล็กกล้าเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 6. (2558). **การศึกษาวอเตอร์ฟุตพรีนซ์ของทุเรียนในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ จังหวัดตราด**. รายงานวิจัยสำนักเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: ตราด.
- Arjen Y. Hoekstra. (2008). **The water footprint of food** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://waterfootprint.org/media/downloads/Hoekstra-2008-WaterfootprintFood.pdf> (วันที่สืบค้นข้อมูล: 12 ตุลาคม 2558)
- Banavath Ranga Naik, T Hema Latha, and C Mahesh Babu. (2015). Command area development by using FAO Cropwat 8.0 model and impact of climate change on crop water requirement-a case study on Araniar reservoir basin (Pichatur dam). **International Journal of Applied Research** 1(13): 142-155.
- Marie T.A.S. (2015). **Calculation of Crop Water Requirements Using CROPWAT** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://Paper%20waterfootprint/5_Calculation%20of%20Crop%20Water%20Requirements%20using%20CROPWAT.pdf. (วันที่สืบค้นข้อมูล 26 พฤศจิกายน 2561)
- Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. (2011). **The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop product**. *Hydrol. Eart Syst. Sci.*, 15, 1577-1600.

ความเข้มของสีของกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ชาวสวนาน(Dendrobium ‘Khao Sanan’) ที่ย้อมด้วยสีผสมอาหาร เพื่อการจัดดอกไม้แบบไทยประณีตศิลป์

ธเนศ เรื่องเดช^{1*} ศรีนยา คุณะดิลก² สุดาวดี เหมทานนท์³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อค่าสีดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ชาวสวนาน (Dendrobium ‘Khao Sanan’) ที่ย้อมด้วยสีผสมอาหารสีแดง โดยจัดการทดลองแบบ CRD ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ เวลาที่ใช้ในการดูสี (2, 3 และ 4 ชั่วโมง) วิธีการตัด (ตัดตรง, ตัดเฉียงและตัดบากก้าน) อุณหภูมิของสารละลายสี (10°C, 30°C และ 50°C) และอัตราส่วนสีต่อน้ำ (1:25, 1:1 และ 25:1) โดยศึกษาที่ละปัจจัยตามลำดับ และเลือกปัจจัยที่ดีที่สุดไปทำการทดลองใบปัจจัยต่อไป พบว่าเวลาและอัตราส่วนของสีต่อน้ำ มีผลต่อค่า L^* , a^* , b^* , c^* และ h^* ของดอกกล้วยไม้หวายย้อมสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อระยะเวลาที่ใช้ในการดูสีกล้วยไม้หวายที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่า L^* และค่า h^* ลดลง ลดลง แต่ค่า a^* , b^* และ c^* จะเพิ่มขึ้น จึงทำให้ เมื่อมองด้วยตาเปล่าจะเห็นสีของดอกกล้วยไม้หวายย้อมสีมีสีเข้มขึ้น อัตราส่วนของสีต่อน้ำ ที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่า L^* ลดลง แต่ ค่า a^* , b^* , c^* และ h^* เพิ่มขึ้น เมื่อมองด้วยตาเปล่าจะเห็นสีของดอกกล้วยไม้หวายย้อมสีมีสีเข้มขึ้น แต่ อุณหภูมิของสารละลายสี และวิธีการตัดก้านมีผลต่อค่า L^* , a^* , b^* , c^* และ h^* ของดอกกล้วยไม้หวายย้อมสีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

คำสำคัญ : กล้วยไม้ย้อม, ค่าสี, สีผสมอาหาร

¹ สาขาศิลปสัมพันธ์ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ e-mail: panning1234@gmail.com

² อาจารย์ที่ปรึกษา ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ e-mail: agrsymp@ku.ac.th

³ อาจารย์ที่ปรึกษา ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ e-mail: agrsdh@ku.ac.th
*ผู้รับผิดชอบหลัก e-mail: panning1234@gmail.com

COLOR VALUE OF *DENDROBIUM* 'KHAO SANAN' ORCHID DYED WITH FOOD COLORING FOR THAI TRADITIONAL FLOWER ARRENGEMENT

Thanet Ruangdech^{1*} Sarunya Kunadiloke² Sudawadee Hemtanont³

Abstract

The objective of this research were to study factors the affecting color value of Khao Sanan *Dendrobium* which dyed with red color. The design of experiment were CRD. There were 4 factors such as time duration (2, 3 and 4 hours), cutting method (straight, askew and through), temperature of solution (10°C, 30°C and 50°C) and the color : water ratio (25:1, 1:1 and 1:25) were studied the experimcntal were conducted by using each factor and the best result from each factor were selected. The results showed that time duration and color : water ratio affecting the L* ,a* , b*,c* and h* value of Khao Sanan *Dendrobium* dyed with food color with statistical significantly different ($p \leq 0.05$). It was observed that L* and h* value was decrease when time duration was increase, but a* b* and c* value were in creases. In this way, *Dendrobium* were more color's intensity when see by naked eye. The effect of color : water ratio on color value was found that L* value was decrease but a*, b*, c*, and h* value were increcses when color : water ratio was increcses. In this way, *Dendrobium* were more color's intensity when see by naked eye. The temperature of solution and cutting method affecting L* , a*, b*, c* and h* value no statistical significanty different ($p > 0.05$)

Keyword : Orchid dyed, color value, food coloring

¹ Art relationship Program, Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok e-mail: panner1234@gmail.com

² Advisors Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok e-mail: agrsyp@ku.ac.th

³ Advisors Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok e-mail: agrsdh@ku.ac.th

*Corresponding author, e-mail: panner1234@gmail.com

บทนำ

ดอกกล้วยไม้เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญกับประเทศไทย เป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศ โดยสามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศหลายร้อยล้านบาทต่อปี(สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) อีกทั้งยังเป็นดอกไม้ที่ผูกพันกับวิถีชีวิตของคนไทยมาช้านาน โดยเฉพาะกล้วยไม้สกุลหวายซึ่งเป็นกล้วยไม้ที่มีมากในประเทศ นอกจากนี้ดอกกล้วยไม้หวายจะเป็นดอกไม้ที่ใช้ประดับตกแต่งแล้ว ดอกกล้วยไม้หวายยังนิยมนำมาสร้างสรรคการ จัดดอกไม้ในรูปแบบต่างๆ โดยเฉพาะการประดิษฐ์ดอกไม้แบบไทยประณีตศิลป์ โดยการนำกลีบดอกไม้มา ประดิษฐ์ให้เกิดความสวยงาม ด้วยวิธีการพับ การเย็บ หรือการร้อย เป็นเอกลักษณ์ที่ควรค่าแก่การอนุรักษ์และพัฒนา ให้เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลาย ดอกกล้วยไม้สกุลหวาย ที่เป็นดอกสมบูรณ์เพศ (hermaphroditic หรือ perfect flower) ประกอบไปด้วย กลีบเลี้ยง (sepia) 3 กลีบ กลีบดอก (petal) 2 กลีบ และอีก 1 กลีบมีชื่อเรียก เฉพาะว่ากลีบปาก (lip หรือ labellum) กลีบแต่ละกลีบจะเชื่อมต่อกับเส้าเกสร (column) (Der-Pijl and Dodson, 1996) ด้วยรูปร่าง ลักษณะ และขนาดที่มีความหลากหลาย ดอกกล้วยไม้สกุลหวายจึงเป็นดอกไม้ที่ นิยมนำมาใช้ในการจัดดอกไม้แบบไทยประณีตศิลป์ แต่ด้วยเนื้อสีของกล้วยไม้สกุลหวาย ที่มีจำกัด การนำมาใช้ ในการประดิษฐ์เพื่อให้เกิดความสวยงามและมีระดับความอ่อนเข้มของสี ที่จะสร้างให้เกิดมิติ ให้กับชิ้นงานจึงมี ข้อจำกัดด้วย

เพื่อให้การประดิษฐ์ดอกไม้แบบไทยประณีตศิลป์ ซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของชาติ มีความหลากหลาย และสวยงาม มีคุณค่าและมีมูลค่าทางเศรษฐกิจ ผู้ท้าววิจัยจึงได้พัฒนาวิธีการย้อมสี โดยการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง กับวิธีการการย้อมสีกล้วยไม้สกุลหวาย ได้แก่ ระยะเวลา วิธีการตัดก้าน อุณหภูมิของน้ำ และอัตราส่วนสีต่อน้ำ เพื่อให้ได้วิธีการย้อมสีดอกกล้วยไม้สกุลหวายที่มีสี และยังมีระดับความอ่อนเข้มของสี ตามความเหมาะสมกับการ นำไปใช้สร้างสรรคงานดอกไม้แบบไทยประณีตศิลป์ อีกทั้งยังไปประยุกต์ใช้กับการจัดดอกไม้ในรูปแบบอื่นได้ อย่างเหมาะสมอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเข้มของสี ของกล้วยไม้หวายพันธุ์ขาวสนาน (*Dendrobium* 'Khao Sanan') ที่ผ่านการย้อมสีผสมอาหาร ที่เวลาแตกต่างกัน
2. เพื่อศึกษาความเข้มของสี ของกล้วยไม้หวายพันธุ์ขาวสนาน (*Dendrobium* 'Khao Sanan') ที่ผ่านการย้อมสีผสมอาหาร ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน
3. เพื่อศึกษาความเข้มของสี ของกล้วยไม้หวายพันธุ์ขาวสนาน (*Dendrobium* 'Khao Sanan') ที่ผ่านการย้อมสีผสมอาหาร ที่มีลักษณะการตัดก้านแตกต่างกัน
4. เพื่อศึกษาความเข้มของสี ของกล้วยไม้หวายพันธุ์ขาวสนาน (*Dendrobium* 'Khao Sanan') ที่ผ่านการย้อมสีผสมอาหาร ที่มีอัตราส่วนสีต่อน้ำต่างกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

ศึกษาวิธีการย้อมสีดอกกล้วยไม้ จากการทดลองศึกษาการเคลื่อนที่ของน้ำ โดยการนำดอก กล้วยไม้สกุลหวาย พันธุ์ขาวสนานดูต้นในสารละลายสีเจือจาง 25 เท่า โดยใช้สีผสมอาหารสีแดงสตอเบอร์รี่ ยี่ห้อวินเนอร์ (ปริยาภรณ์, 2557)

ดอกกล้วยไม้ที่ใช้ในการทดลอง คือกล้วยไม้หวาย พันธุ์ขาวสนาน (*Dendrobium* 'Khao Sanan') คัดเลือกและจัดกลุ่มกล้วยไม้ให้มีความสม่ำเสมอโดยมีจำนวนดอกตม 6 ± 2 ดอก และดอกบาน 6 ดอก

โดยมีความยาวของก้าน 40cm. โดยวัดจากปลายกลีบของดอกตูมที่อยู่บนสุดของดอกตูม จนถึงรอยตัดของก้านดอก หลังจากการตัดดอกแล้ว ต้องนำมาผึ่งโดยปล่อยให้แห้งในที่ร่ม ที่อุณหภูมิปกติ(ประมาณ 30 องศาเซลเซียส) 6 ชั่วโมง เพื่อให้กล้วยไม้อยู่ในสภาวะขาดน้ำ

ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อค่าของสี ของดอกกล้วยไม้หวายย้อมสีผสมอาหาร

การทดลองที่ 1 ศึกษาความเข้มของสี ของกล้วยไม้หวายพันธุ์ชาวสนาน ที่ผ่านการย้อมด้วยสีผสมอาหาร ที่ที่เวลาแตกต่างกัน คือ 2,3,และ4 ชั่วโมงโดยการตัดก้านเฉียง แขนในสารละลายสีแดงอัตราส่วนสีต่อน้ำ 1:25 เลือกปัจจัยที่ดีที่สุดทำการทดลองต่อในการทดลองที่ 2

การทดลองที่ 2 ศึกษาค่าของสี ของกล้วยไม้หวายพันธุ์ชาวสนาน ที่ผ่านการย้อมด้วยสีผสมอาหาร ที่มีลักษณะการตัดก้านแตกต่างกัน คือตัดก้านตรง ตัดก้านเฉียง และตัดแบบบากก้าน แล้วนำดอกกล้วยไม้หวาย แขนในสารละลายสีแดงอัตราส่วนสีต่อน้ำ 1:25 เเทมามีอุณหภูมิของสารละลาย 30 ± 2 °c ใช้เวลาในการย้อม 3 ชั่วโมง เลือกปัจจัยที่ดีที่สุดทำการทดลองต่อในการทดลองที่ 3

การทดลองที่ 3 ศึกษาค่าของสี ของกล้วยไม้หวายพันธุ์ชาวสนานผ่านการแช่สีผสมอาหาร ที่อุณหภูมิสารละลายสีแดงแตกต่างกัน คือ 10 ± 2 °c, 30 ± 2 °c และ 50 ± 2 °c โดยการตัดก้านเฉียง แขนในสารละลายสีแดง อัตราส่วนต่อน้ำ 1:25 ใช้เวลาในการย้อม 3 ชั่วโมง เลือกปัจจัยที่ดีที่สุดทำการทดลองต่อในการทดลองที่ 4

การทดลองที่ 4 ศึกษาค่าของสี ของกล้วยไม้หวายพันธุ์ชาวสนาน ที่ผ่านการย้อมด้วยสีผสมอาหาร ที่มีอัตราส่วนสีต่อน้ำ ต่างกัน คือ 1:25, 1:1 และ25:1 โดยนำดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ชาวสนาน ตัดก้านเฉียง แขนในสารละลายสีแดงที่มีอัตราส่วนสีต่อน้ำ ต่างกัน ที่อุณหภูมิของสารละลาย 30 ± 2 °c ใช้เวลาในการแช่ 3 ชั่วโมง

ทุกการทดลองหลักจากการแช่ในสารละลายสีแดงแล้วต้องแช่น้ำเปล่าอีก 3 ชั่วโมง(นิธิยา และ ดนัย, 2556) แล้วจึงวัดค่าสี ด้วยเครื่อง Chroma Meter CR-400 ใช้ดอกที่อยู่ล่างสุดของช่อดอก โดยวัดกลีบเลี้ยงและกลีบดอกยกเว้นกลีบปาก

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าสี วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) และหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูลด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลของค่าสี ของกล้วยไม้หวายพันธุ์ชาวสนาน(Dendrobium 'Khao Sanan')ที่ผ่านการย้อมสีผสมอาหาร ที่ที่เวลาแตกต่างกัน

เวลาที่ใช้ในการย้อมสีกล้วยไม้หวาย มีผลต่อค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ค่าความสดใส (c*) และค่าตำแหน่งสี(h*)ของดอกกล้วยไม้หวายย้อมสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(p≤0.05) โดยแสดงดัง Table 1 พบว่า เมื่อระยะเวลาที่ใช้ในการย้อมสีกล้วยไม้หวายเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่า ค่าความสว่าง (L*)และค่าตำแหน่งสี (h*) ลดลง ในขณะที่ ค่าความเป็นสีแดง (a*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) และค่าความสดใส (c*) เพิ่มขึ้น เมื่อมองด้วยตาเปล่าจะเห็นสีของดอกกล้วยไม้หวายย้อมสี มีสีที่เข้มขึ้น แต่ความเข้มของสีดอก กล้วยไม้หวายย้อมสีที่ระยะเวลา 3 และ 4 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันโดยแสดงดัง Figure 1

เนื่องจากการแพร่กระจายของสี จะมีการเคลื่อนที่จากบริเวณ ที่มีความเข้มของสีมาก ไปยังบริเวณที่มีความเข้มของสีน้อย และการแพร่จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งบริเวณนั้นมีความเข้มของสารเท่ากัน เรียกว่าสมดุลของการแพร่ (ภาคภูมิ, 2550) โดยระยะเวลาที่ทำให้เกิดสมดุลของการแพร่ของกล้วยไม้หวายย้อมสีคือ 3 ชั่วโมง

Table 1. Result of color value of 'Khao Sanan' Dendrobium which put together with coloring at different duration.

Color value	Time		
	2hour	3hour	4hour
Lightness (L*)	83.95±0.99 ^b	79.44±1.13 ^a	78.77±0.85 ^a
Redness (a*)	7.39±0.39 ^a	16.66±0.74 ^b	17.34±3.60 ^b
Yellowness (b*)	6.68±0.33 ^a	8.46±0.65 ^b	9.12±0.58 ^b
Chroma (c*)	9.99±0.52 ^a	18.72±0.49 ^b	19.47±0.96 ^b
Hue angle (h*)	42.14±0.35 ^b	27.58±1.20 ^a	27.31±0.86 ^a

^{a-b} Means with the same row are significant difference (p<0.05)

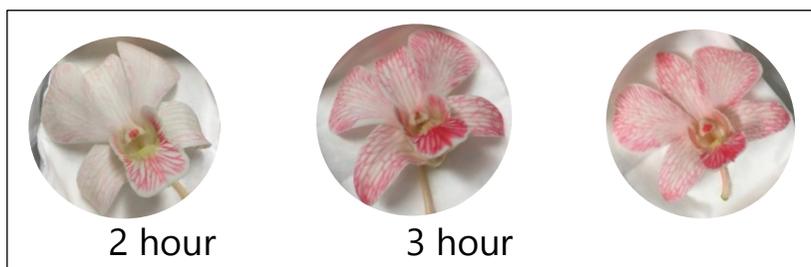


Figure 1 Dendrobium 'Khao Sanan' Orchid dyed with Food coloring at different duration

ผลของค่าสี ของกล้วยไม้หวายพันธุ์ชาวสวน (Dendrobium 'Khao Sanan') ที่ผ่านการย้อมด้วยสีผสมอาหาร ที่มีลักษณะการตัดกันแตกต่างกัน

วิธีการตัดกันที่ใช้ในการดูสีกล้วยไม้หวาย มีผลต่อค่า มีผลต่อค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ค่าความสดใส (c*) และค่าตำแหน่งสี(h*)ของดอกกล้วยไม้หวายดูสี ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) ดังแสดงใน Table 3 เมื่อมองด้วยตาเปล่าจะเห็นสีของดอกกล้วยไม้หวายย้อมสี มีความเข้มไม่ต่างกัน ดังแสดงใน Figure 3 เนื่องจาก ความเข้มของสีนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่มีการลำเลียงน้ำขึ้นสู่ยอดของพืช ต้องอาศัยแรงดึงจากการคายน้ำ เป็นอัตราการดูดน้ำตามสภาวะของการขาดน้ำภายในก้านดอก (นิธิยาและคณัย, 2556) ดังนั้นหากกล้วยไม้หวายมีสภาวะการขาดน้ำในก้านดอกที่ไม่ต่างกัน ขนาดของพื้นที่หน้าตัดของก้านดอก ที่เกิดจากการตัดที่ต่างกัน จึงไม่มีผลต่อการดูสารละลายสีขึ้นไป แต่วิธีการตัดเฉียงจะเป็นวิธีที่ช่วยไม่ให้หน้าตัดของก้านดอก ติดกับกันภาชนะที่แช่ก้านดอก (กาญจนา, 2555)

Table 2. Result of color value of 'Khao Sanan' Dendrobium which put together with coloring at different cutting method.

Color value	cutting method		
	straight	askew	through
Lightness (L*) ^{ns}	80.84±1.13	81.90±0.45	81.20±0.35
Redness (a*) ^{ns}	12.01±0.38	11.40±0.51	11.98±0.41
Yellowness (b*) ^{ns}	7.72±0.80	7.45±0.47	7.28±0.68
Chroma (c*) ^{ns}	14.16±1.08	13.11±0.70	14.06±0.84
Hue angle (h*) ^{ns}	32.98±1.36	34.07±0.99	32.80±1.32

^{ns}Means with the same row are not significant difference (p>0.05)

**Figure 2** Dendrobium 'Khao Sanan' Orchid dyed with Food coloring at different cutting method.

ผลค่าของสี ของกล้วยไม้หวายพันธุ์ชาวสวน (Dendrobium 'Khao Sanan') ที่ผ่านการย้อมด้วยสีผสมอาหารที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

อุณหภูมิของสารละลายสีที่ใช้ในการย้อมสีดอกกล้วยไม้หวายมีผลต่อค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ค่าความสดใส (c*) และค่าตำแหน่งสี (h*) ของดอกกล้วยไม้หวายชุดสี ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) ดังแสดงใน Table 2 เมื่อมองด้วยตาเปล่าจะเห็นสีของดอกกล้วยไม้หวายย้อมสีมีความเข้มของสี ไม่ต่างกัน ดังแสดงใน Figure 2 เนื่องจาก ความเข้มของสีนั้นขึ้นอยู่กับ การลำเลียงน้ำขึ้นสู่ยอดของพืช ต้องอาศัยแรงดึงจากการคายน้ำ เป็นอัตราการดูดน้ำตามสภาวะของการขาดน้ำภายในก้านดอก (นิธิยาและदनัย, 2556) ดังนั้นหากกล้วยไม้หวายมีสภาวะการขาดน้ำในก้านดอกที่ไม่ต่างกัน อุณหภูมิของสารละลายสีจึงไม่มีผลต่อการดูดสารละลายสีขึ้นไป

Table 3. Result of color value of 'Khao Sanan' Dendrobium which put together with coloring at different temperature.

Color value	temperature		
	10 ±2 °c	30 ±2 °c	50 ±2 °c
Lightness (L*) ^{ns}	77.85±0.75	77.43±0.50	78.10±0.50
Redness (a*) ^{ns}	18.66±0.52	18.66±1.11	18.28±1.12
Yellowness (b*) ^{ns}	7.99±0.51	8.04±0.55	8.27±0.37
Chroma (c*) ^{ns}	18.23±1.09	19.33±0.52	18.57±0.87
Hue angle (h*) ^{ns}	24.57±0.70	24.14±0.68	24.31±0.57

^{ns}Means with the same row are not significant difference (p>0.05)

**Figure 3** Dendrobium 'Khao Sanan' Orchid dyed with Food coloring at different temperature.

ผลของความเข้มของสี ของกล้วยไม้หวายพันธุ์ขาวสนาน(Dendrobium 'Khao Sanan')ที่ผ่านการย้อมสีผสมอาหาร ที่อัตราส่วนสีต่อน้ำต่างกัน

อัตราส่วนสีต่อน้ำที่ใช้ในการย้อมสีกล้วยไม้หวาย มีผลต่อค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ค่าความสดใ (c*) และค่าตำแหน่งสี(h*)ของดอกกล้วยไม้หวายย้อมสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05) โดยแสดงดัง Table 1 พบว่า เมื่อปริมาณอัตราส่วนสีที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าความสว่าง (L*) ลดลง แต่ค่าความเป็นสีแดง (a*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ค่าความสดใ (c*) และค่าตำแหน่งสี(h*) เพิ่มขึ้น เมื่อมองด้วยตาเปล่าจะเห็นสีของดอกกล้วยไม้หวายย้อมสี มีสีที่เข้มขึ้น ดังแสดงใน Table 4 เนื่องจากสมดุลของการแพร่ ของกล้วยไม้หวายดูดสี จะใช้เวลาดูดสีที่ 3 ชั่วโมง ดังนั้นความสามารถในการแพร่จึงขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสาร (ลิลลี่และคณะ,2552)

Table 4. Result of color value of 'Khao Sanan' Dendrobium which put together with coloring at different color : water ratio.

Color value	Color:water		
	1:25	1:1	25:1
Lightness (L*)	73.77±0.39 ^c	64.28±0.49 ^b	56.20±0.60 ^a
Redness (a*)	23.58±1.07 ^a	42.32±0.87 ^b	50.79±0.78 ^c
Yellowness (b*)	10.17±0.47 ^a	16.22±0.51 ^b	27.03±0.75 ^c
Chroma (c*)	26.78±0.70 ^a	44.92±0.62 ^b	58.08±0.41 ^c
Hue angle (h*)	19.41±0.68 ^a	20.96±0.23 ^b	27.55±0.94 ^c

^{a-c}Means with the same row are significant difference ($p \leq 0.05$)

**Figure 4** Dendrobium 'Khao Sanan' Orchid dyed with Food coloring at different solution's intensity.

สรุป

จากผลการทดลองที่ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อค่าสีของดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ชาวสวนานสรุปได้ดังนี้

1. ระยะเวลาและความเข้มข้นของสารละลายสีมีผลต่อความเข้มของสี โดยเวลาที่ทำให้สีมีความเข้มที่สุดคือ 3 ชั่วโมง ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ทำให้เกิด สภาวะการสมดุลของการแพร่ แต่ถ้าใช้เวลาในการย้อมสีน้อยกว่า 3 ชั่วโมง จะทำให้สีของดอกกล้วยไม้หวายมีสีที่อ่อนลง
2. วิธีการตัดก้านของดอกกล้วยไม้หวายจะทำให้พื้นที่หน้าตัดของก้านดอกมีขนาดที่แตกต่างกัน แต่ไม่มีผลต่อการดูดสารละลายสี จึงทำให้ความเข้มของสีดอกกล้วยไม้หวายย้อมสีไม่มีความแตกต่างกัน
3. อุณหภูมิของสารละลายสีที่ใช้ในการย้อมสีดอกกล้วยไม้หวาย ไม่มีผลต่อการดูดสารละลายสี จึงทำให้ความเข้มของสีดอกกล้วยไม้หวายย้อมสีไม่มีความแตกต่างกัน
4. อัตราส่วนสีต่อน้ำของสารละลายสีแดง มีผลต่อความเข้มของสี ถ้าอัตราส่วนของสีมีมากขึ้น กล้วยไม้ย้อมสีจะมีสีที่เข้มขึ้น หากสารละลายสีแดงมีความเข้มข้น จะทำให้ดอกกล้วยไม้ย้อมสีมีสีอ่อน

ข้อเสนอแนะ

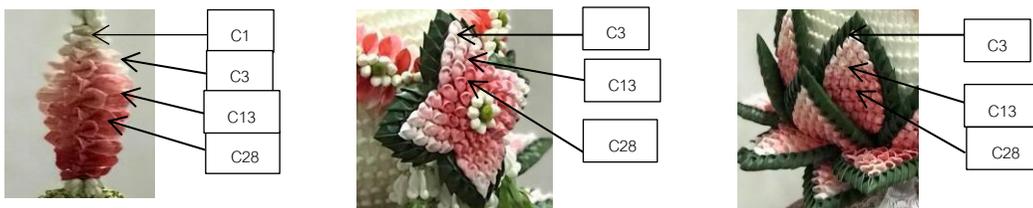
ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์เนื่องจากปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มของสีคือ เวลา และอัตราส่วนของสีต่อน้ำ ผู้วิจัยจึงสร้างตารางวิธีการย้อมสีกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ชาวสวนที่มีความละเอียดมากขึ้น ทำให้มีหลายระดับความอ่อนเข้มของสี เพื่อความสะดวกในการเลือกระดับสีที่เหมาะสมกับการใช้งาน ดังนี้

เวลา สี:น้ำ	1 ชม.	1.30 ชม.	2 ชม.	2.30 ชม.	3 ชม.
1:25					
1:15					
1:5					
1:1					
5:1					
15:1					
25:1					

Figure 5 ภาพกล้วยไม้ย้อมสีแบบไล่ระดับความอ่อนเข้ม



Figure 6 ปานพานฟุ่มแบบไล่ระดับความอ่อนเข้มของสี



เอกสารอ้างอิง

กาญจนา รุ่งรัชกานนท์.(2555). **กล้วยไม้:เทคโนโลยีการประยุกต์ใช้งาน**. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, จังหวัดอุบลราชธานี.

ครรชิต ธรรมศิริ. (2550). **เทคโนโลยีการผลิตกล้วยไม้**. อัมรินทร์พรินต์ติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ

จิตาพรรณ พิสิก, ไพบุลย์ ไพรีพ่ายฤทธิ์ และศิลา พิศภาน. (2520). **การย้อมสีดอกกล้วยไม้หวายลูกผสมแจค เกอลิน โธมัส ยู.เอส.44**. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตร. สาขาวิทยาการพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

นิธยา รัตนาปนนท์ และ ดนัย บุญเกียรติ. (2556). **การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวดอกกล้วยไม้**. พิมพ์ครั้งที่ 3. โอ. เอส. พรินต์ติ้ง เฮ้า, กรุงเทพมหานคร.

ประเสริฐ พิษยะสุนทร. (2555). **ศิลปะการออกแบบเบื้องต้น**. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ

ปรียาภรณ์ ลีธิตี. (2557). **การศึกษาความสัมพันธ์น้ำ และการดูดตันของท่อลำเลียงน้ำ ในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย บัวหลวง และพุทธรักษา**. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิทยาการพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

- พรมุพรรณ พรมุขสวัสดิ์. (2548). **การจัดดอกไม้ในพิธีมงคลสมรส**. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต, กรุงเทพฯ.
- ภาคภูมิ พระประเสริฐ. (2550). **สร้อยวิทยาของพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 1. โอ.เอส.พรีนติ้ง เฮ้า, กรุงเทพมหานคร.
- มณีรัตน์ จันทนพะละลิน. 2542. **การจัดดอกไม้แบบธรรมชาติ**. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท อัมรินทร์พรีนติ้งแอนด์ พับลิชชิ่ง จำกัด, กรุงเทพฯ.
- ลิลลี่ กาวีตะ. มาลี ณ นคร. ศรีสม สุวรรณวงศ์. และสุรียา ตันติวิวัฒน์. (ม.ป.ป.) **สร้อยวิทยาของพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร โดยความร่วมมือของ กรมศุลกากร. (2558). **ดอกกล้วยไม้**. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php, 15 กรกฎาคม 2559
- สำออง เนตรนารี. (2548). **กล้วยไม้**. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- อรุณี คงดี. (ม.ป.ป.) **เคมีของสีและการย้อม**. สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- Der-Pijl, L.V. and C.H. Dodson. (1996). **Orchid Flowers; their Pollination and Evolution**. The University of Miami Press, Florida.
- Halse, Albert O. (1978). **The Use of Color in Interiors**. Now York: Mcgraw-Hill, 1978.
- Wills, R. B. H., T. H. Lee, D. Graham, W. B. McGlasson and E. G. Hall.(1982) **Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables**. AVI Publishing Co., Inc., connecticut.

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดหยาบของมะม่วงน้ำดอกไม้ จังหวัดสระแก้ว

ณพัฐอร บัวฉุน^{1*} สุรีพร คู่คิด²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณแทนนินทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของมะม่วงน้ำดอกไม้ จังหวัดสระแก้ว 2 สายพันธุ์ ได้แก่ มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 จากการหาปริมาณฟลาโวนอยด์ในมะม่วงน้ำดอกไม้ พบว่า มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ส่วนที่ 1 มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากที่สุด 0.15 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์สีทองส่วนที่ 6 มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากที่สุด 0.13 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในมะม่วงน้ำดอกไม้ พบว่า มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ส่วนที่ 3 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุด 68.74 มิลลิกรัมแกลลิกต่อน้ำหนักของสารสกัด มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองส่วนที่ 10 มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุด 76.36 มิลลิกรัมแกลลิกต่อน้ำหนักของสารสกัด ปริมาณแทนนินทั้งหมด พบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ส่วนที่ 3 มีปริมาณสารประกอบแทนนินทั้งหมดมากที่สุด 65.74 มิลลิกรัมแทนนิกต่อน้ำหนักของสารสกัด มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์สีทองส่วนที่ 10 มีปริมาณแทนนินทั้งหมดมากที่สุด 73.25 มิลลิกรัมแทนนิกต่อน้ำหนักของสารสกัด และพบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองโดยมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดโดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 0.90 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

คำสำคัญ : มะม่วงน้ำดอกไม้, ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด, ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด, ปริมาณแทนนินทั้งหมด, ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ,

¹ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี
e-mail: napattaorn@vru.ac.th

² สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี
e-mail: now14080@gmail.com

* ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: napattaorn@vru.ac.th

TOTAL PHENOLIC AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF MANGO CV. NAM DOK MAI IN SA KAEO PROVINCE

Napattaorn Buachoon^{1*} Sureepron Kookid²

Abstract

The present study was performed to evaluate the total flavonoids, total Phenolic, total tannin and Antioxidant Activity of Mango cv. Nam Dok Mai in Sa Kaeo Province include of golden brown and number 4. The result of total flavonoids in Mango cv. Nam Dok Mai, number 4 in garden 1 had the highest total flavonoids of 0.15 mg/mL and garden 6 was 0.15 mg/mL. The total **Phenolic** in Mango cv. Nam Dok Mai was found to be the most abundant phenolic compound in number 4 of garden 3 was 68.74 mg Gallic /weight of extract and golden brown in garden 10 had the highest of 76.36 mg Gallic /weight of extract. Total tannin in number 4 of garden 3 was 65.74 mg Tannic /weight of extract and garden 10 was 73.25 mg Tannic /weight of extract and number 4 the highest antioxidant activity using DPPH free radical scavenging method at EC₅₀ 0.90 mg/mL

Keywords : Mang o cv. Nam Dok Mai, flavonoids, Phenolic, tannin, Antioxidant Activity

¹ Chemistry , Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage e-mail: napattaorn@vru.ac.th

² Chemistry , Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage e-mail: now14080@gmail.com

* Corresponding author, e-mail: napattaorn@vru.ac.th

บทนำ

อนุมูลอิสระ (Free Radical) คือ โมเลกุล หรือไอออนที่มีอิเล็กตรอนโดดเดี่ยวอยู่รอบนอก เป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียรและมีความว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีในลักษณะที่เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ และสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลต่างๆ ที่อยู่รอบข้างได้ในทันทีที่ถูกสร้างขึ้น ทำให้เกิดความเสียหายกับเซลล์ต่างๆ ภายในร่างกาย เช่น การทำลายโครงสร้างดีเอ็นเอ (DNA) การเปลี่ยนสภาพโปรตีนและไขมันของเยื่อหุ้มเซลล์ จนทำให้การทำงานของโปรตีนหรือ เอนไซม์เหล่านั้นเกิดความผิดปกติได้ เป็นสาเหตุสำคัญการเกิดโรคได้ (Nakabeppu et al., 2006;) อนุมูลอิสระเหล่านี้สามารถถูกกำจัดหรือลดความรุนแรงด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) ที่สามารถดักจับกับอนุมูลอิสระ แล้วเกิดเป็นอนุมูลอิสระตัวใหม่ที่มีความเสถียรกว่าสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) คือ สารปริมาณน้อยที่สามารถป้องกันหรือช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของอนุมูลอิสระได้โดยมีกลไกในการต้านอนุมูลอิสระได้หลายแบบ เช่น การดักจับ (Scavenge) อนุมูลอิสระโดยตรง ยับยั้งการสร้างอนุมูลอิสระหรือเข้าจับ (chelate) กับโลหะ เพื่อป้องกันการสร้างอนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระสามารถพบได้ ในธรรมชาติ เช่น สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic Compounds) สารประกอบไนโตรเจน (Nitrogen Compounds) และแคโรทีนอยด์ (Carotenoid) สารต้านอนุมูลอิสระมีความสำคัญคือช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกาย (ณพัฐอร บัวฉุน, 2560, 2561) จากความสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระจึงทำให้ห้องค์กรที่เกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมอาหาร และยา ได้พยายามศึกษาค้นคว้าวิจัยพัฒนาสารต้านอนุมูลอิสระที่มาจากธรรมชาติ เช่น สาหร่ายทะเล แบคทีเรีย เชื้อรา และพืชชั้นสูง (Chattopadhyay et al., 2010)

มะม่วงเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากการที่มีสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณสูง เช่น วิตามินซี ซึ่งสารดังกล่าวมีมากกว่ามะนาวถึง 3 เท่า ในมะม่วงยังสารสำคัญอีกหลายชนิด เช่น คาโรทีนอยด์ (Carotenoids) แอนโทไซยานิน (Anthocyanins) และสารประกอบฟีนอลิก (Phenolic Compounds) สำหรับสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญซึ่งพบในเปลือก เนื้อ และเมล็ดมะม่วง ได้แก่ แมงกิเฟอริน (Mangiferin) กรดแกลลิก (Gallic Acid) กรดคาเฟอิก (Caffeic Acid) และแทนนิน (Tannin) เป็นต้น นอกจากนี้ยังได้มีการใช้ส่วนต่าง ๆ ของมะม่วงมาใช้ในการรักษาโรค เช่น ผลสดแก่ใช้รับประทานแก้คลื่นไส้ อาเจียน วิงเวียนและกระหายน้ำ เป็นต้น ดังนั้นการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณแทนนินทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดของมะม่วง 2 สายพันธุ์ ได้แก่ มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง และมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการวิจัยประยุกต์ในด้านอื่นๆ ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณแทนนินทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบจากมะม่วงน้ำดอกไม้
2. เปรียบเทียบปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณแทนนินทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบจากมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง และมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมสารสกัดหยาบจากมะม่วงน้ำดอกไม้

นำตัวอย่างมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง และมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 มาหั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นจึงนำไปอบที่อุณหภูมิ 45°C จนแห้งและนำไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอน แล้วนำมาสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธีการแช่หมัก (Maceration) ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นทำการกรองสารละลายโดยใช้กรวยแก้ว นำสารละลายที่กรองได้ไประเหยด้วยเครื่องระเหยสารแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ (Rotary Evaporator) จะได้เป็นส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอล (Ethanol Extract) แล้วชั่งน้ำหนักของสารสกัดหยาบที่ได้

การหาปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

การเตรียมสารละลายมาตรฐานรูทีน

1. เตรียมสารละลายรูทีน โดยชั่งรูทีน 20 มิลลิกรัม ละลายด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ปรับปริมาตร 10 มิลลิลิตร
2. เตรียมโซเดียมไนไตรต์ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยชั่งสารละลายโซเดียมไนไตรต์ 5.004 กรัม ละลายด้วยเอทานอล ปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร
3. การเตรียมอะลูมิเนียมคลอไรด์ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยชั่งสารละลาย อะลูมิเนียมคลอไรด์ 10.087 กรัม ละลายด้วยเอทานอล ปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร
4. การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ โดยชั่งสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10.002 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร

การสร้างกราฟมาตรฐานรูทีน

ปิเปตสารตัวอย่าง/สารละลายมาตรฐาน อย่างละ 1 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 4 มิลลิลิตร (ทำ 3 ซ้ำ) ที่เวลา 0 นาที เติม 0.3 มิลลิลิตร ของโซเดียมไนไตรต์ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 5 นาที เติม 0.3 มิลลิลิตร ของอะลูมิเนียมคลอไรด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 6 นาที เติม 2 มิลลิลิตร โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้

1. นำสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้มาตัวอย่างละ 20 มิลลิกรัม มาละลายด้วย เอทานอล ปริมาตร 20 มิลลิลิตร
2. นำสารสกัดที่เตรียมได้จากข้อ 1 มา ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร
3. นำสารสกัดมาเติมน้ำ 4 มิลลิลิตร (ทำ 3 ซ้ำ) ที่เวลา 0 นาที เติม 0.3 มิลลิลิตร ของ โซเดียมไนไตรต์ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 5 นาที เติม 0.3 มิลลิลิตร อะลูมิเนียมคลอไรด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 6 นาที เติม 2 มิลลิลิตร โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 10 มิลลิลิตร
4. นำไปเขย่าให้สารผสมกันด้วยเครื่องผสม
5. นำไปวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร
6. หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์จากกราฟมาตรฐานรูทีนที่ทำในวันเดียวกัน โดยทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ
7. คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในสารสกัด

การหาปริมาณฟิโอลลิกทั้งหมด

การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกเข้มข้น 1000 ppm และ 100 ppm

สารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกเข้มข้น 1000 ppm เตรียมโดยชั่งกรดแกลลิก 0.025 กรัม ละลายในเอทานอลบริสุทธิ์และปรับปริมาตรให้เป็น 25 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร จากนั้นเจือจางสิบเท่าให้ได้ สารมาตรฐานกรดแกลลิกเข้มข้น 100 ppm ด้วยการปิเปตมา 2.5 มิลลิลิตร เจือจางด้วยเอทานอลให้ได้ ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

การสร้างกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

1. นำสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกเข้มข้น 100 ppm มาเจือจางด้วยเอทานอลให้มีความเข้มข้นเป็น 0, 20, 40, 60 และ 80 ppm ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร โดยแยกแต่ละหลอดการทดลอง
2. จากนั้นนำทุกหลอดมาเติมน้ำ 2.5 มิลลิลิตร และเติมสารละลายเฟอร์รินปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันดีและเติม 7 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ปริมาตร 2 มิลลิลิตร
3. นำไปเขย่าให้สารผสมกันด้วยเครื่องผสม ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 90 นาที
4. วัดค่าวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร (A_{760}) จากนั้นนำค่า A_{760} และความเข้มข้นของสารมาตรฐานแกลลิกมาเขียนกราฟมาตรฐานและหาค่า ความชัน (m) เพื่อใช้วิเคราะห์ปริมาณฟิโอลลิกในสารสกัดต่อไป

การวิเคราะห์ปริมาณฟิโอลลิกทั้งหมดในสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้

1. นำสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้มาตัวอย่างละ 0.05 กรัม มาละลายด้วย เอทานอล ปริมาตร 20 มิลลิลิตร
2. นำสารสกัดที่เตรียมได้จากข้อ 1 มาปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง
3. นำสารสกัดมาเติมน้ำ 2.5 มิลลิลิตร และเติมสารละลายเฟอร์รินปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันดี และเติม 7 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมคาร์บอเนต ปริมาตร 2 มิลลิลิตร
4. นำไปเขย่าให้สารผสมกันด้วยเครื่องผสม ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 90 นาที
5. นำไปวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร
6. หาปริมาณสารประกอบฟิโอลลิกจากกราฟมาตรฐานแกลลิกที่ทำในวันเดียวกัน โดยทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

7. คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟิโอลลิกทั้งหมดในสารสกัด

การหาปริมาณแทนนินทั้งหมด

การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิกเข้มข้น 1000 ppm และ 100 ppm

สารละลายมาตรฐานกรดแทนนิกเข้มข้น 1000 ppm เตรียมโดยชั่งกรดแทนนิก 0.025 กรัม ละลายใน เอทานอลบริสุทธิ์และปรับปริมาตรให้เป็น 25 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร จากนั้นเจือจางสิบเท่าให้ได้ สารมาตรฐานกรดแทนนิกเข้มข้น 100 ppm ด้วยการปิเปตมา 2.5 มิลลิลิตร เจือจางด้วยเอทานอลให้ได้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

การสร้างกราฟมาตรฐานกรดแทนนิก

1. นำสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิกเข้มข้น 100 ppm มาเจือจางด้วยเอทานอลให้มีความเข้มข้นเป็น 0, 20, 40, 60 และ 80 ppm ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร โดยแยกแต่ละหลอดการทดลอง
2. จากนั้นนำทุกหลอดมาเติมน้ำ 2.5 มิลลิลิตร และเติมสารละลายเฟอร์รินปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันดีและเติม 7 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมคาร์บอเนต ปริมาตร 2 มิลลิลิตร

3. นำไปเขย่าให้สารผสมกันด้วยเครื่องผสม ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 90 นาที
4. วัดค่าวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร (A_{760}) จากนั้นนำค่า A_{760} และความเข้มข้นของสารมาตรฐานกรดแทนนิกาเขียนกราฟมาตรฐานและหาค่าความชัน (m) เพื่อใช้วิเคราะห์แทนนินในสารสกัดต่อไป

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบแทนนินทั้งหมดในสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้

1. นำสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้มาตัวอย่างละ 0.05 กรัม มาละลายด้วย เอทานอล ปริมาตร 20 มิลลิลิตร
2. นำสารสกัดที่เตรียมได้จากข้อ 1 มาปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง
3. นำสารสกัดมาเติมน้ำ 2.5 มิลลิลิตร และเติมสารละลายเฟอร์รินปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันดี และเติม 7 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมคาร์บอเนต ปริมาตร 2 มิลลิลิตร
4. นำไปเขย่าให้สารผสมกันด้วยเครื่องผสม ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 90 นาที
5. นำไปวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร
6. หาปริมาณสารประกอบแทนนินจากกราฟมาตรฐานแทนนิกที่หาในวันเดียวกัน โดยทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

7. คำนวณหาปริมาณแทนนินทั้งหมดในสารสกัด

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้ โดยการวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH Radical

การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

1. ชั่งสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้ตัวอย่างละ 0.010 กรัม ละลายด้วย Absolute Ethanol 20 มิลลิลิตร จนได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 500 การเตรียมสารละลายมาตรฐานไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร
2. นำมาเจือจางด้วย Absolute Ethanol ให้ได้ความเข้มข้นต่างๆ (500 250 125 62.5 และ 31.25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ลงในหลอดทดลอง หลอดละ 2 มิลลิลิตร

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

1. ชั่งสารละลายมาตรฐาน (BHT และ BHA) 0.010 กรัม ละลายด้วย Absolute Ethanol 20 มิลลิลิตร จนได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร
2. นำมาเจือจางด้วย Absolute Ethanol ให้ได้ความเข้มข้นต่าง ๆ (500 250 125 62.5 และ 31.25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ลงในหลอดทดลอง หลอดละ 2 มิลลิลิตร

การเตรียมสารละลายอนุมูลอิสระ DPPH

ชั่ง DPPH 0.0237 กรัม ละลายด้วย Absolute Ethanol ปรับปริมาตร 10 มิลลิลิตร จะได้ Stock Solution เข้มข้น 6×10^{-3} โมลาร์ เมื่อจะนำมาใช้ให้เจือจางให้เป็น 6×10^{-5} โมลาร์ โดยปิเปตมา 0.1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตร 10 มิลลิลิตร

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

นำสารละลายตัวอย่างความเข้มข้นต่าง ๆ มาทดสอบความสามารถในการจับกับอนุมูลอิสระ DPPH เทียบกับสารละลายมาตรฐาน BHT และ BHA ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการเติมสารละลายเพื่อทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH Radical Scavenging Assay

Test Sample	- สารละลายตัวอย่าง หรือ สารละลายมาตรฐานใน Absolute Ethanol ที่ความเข้มข้นต่างๆ	2 มิลลิลิตร
	- สารละลาย DPPH 6×10^{-5} โมลาร์ ใน Absolute Ethanol	2 มิลลิลิตร
Blank	- สารละลายตัวอย่าง หรือ สารละลายมาตรฐานใน Absolute Ethanol	2 มิลลิลิตร
	- Absolute Ethanol	2 มิลลิลิตร
Control	- สารละลาย DPPH 6×10^{-5} โมลาร์ ใน Absolute Ethanol	2 มิลลิลิตร
	- Absolute Ethanol	2 มิลลิลิตร

ผสมสารในแต่ละหลอดให้เข้ากันดี บ่มที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที ในที่มืด จากนั้นจึง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ หลังจากนั้นทำการคำนวณหาร้อยละของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดังนี้ คือ

$$\text{คำนวณหา \% DPPH Scavenging} = \frac{\text{Control} - \text{Sample}}{\text{Control}} \times 100$$

พล็อตกราฟหาค่า EC_{50} เปรียบเทียบกับ BHA BHT และการสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้ ในการรายงานค่าจะรายงานค่าเป็น EC_{50} ซึ่งได้จากการสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %Scavenging กับความเข้มข้น ซึ่งการคำนวณ EC_{50} คือความเข้มข้นที่มีค่า % DPPH Scavenging เท่ากับ 50

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้

ตารางที่ 2 ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้

มะม่วงน้ำดอกไม้ของจังหวัดสระแก้ว	ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)
สวนที่ 1 มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4	0.15
สวนที่ 2 มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4	0.12
สวนที่ 3 มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4	0.10
สวนที่ 4 มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4	0.08
สวนที่ 5 มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4	0.14
สวนที่ 6 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	0.13

ตารางที่ 2 (ต่อ)

มะม่วงน้ำดอกไม้ของจังหวัดสระแก้ว	ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)
สวนที่ 7 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	0.08
สวนที่ 8 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	0.12
สวนที่ 9 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	0.04
สวนที่ 10 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	0.08
สวนที่ 11 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	0.06
สวนที่ 12 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	0.11

จากตารางที่ 2 พบว่าสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 สวนที่ 1-5 มี ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.08 - 0.15 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสวนที่ 6 - 12 มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.08 - 0.13 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

2. ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้

ตารางที่ 3 ปริมาณฟีนอลิกของสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้

มะม่วงน้ำดอกไม้ของจังหวัดสระแก้ว	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมแกแลกติกต่อน้ำหนักของสารสกัด)
สวนที่ 1 มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4	66.20
สวนที่ 2 มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4	60.94
สวนที่ 3 มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4	68.74
สวนที่ 4 มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4	51.54
สวนที่ 5 มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4	54.41
สวนที่ 6 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	53.60
สวนที่ 7 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	53.11
สวนที่ 8 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	76.21
สวนที่ 9 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	38.67
สวนที่ 10 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	76.56
สวนที่ 11 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	60.77

ตารางที่ 3 (ต่อ)

มะม่วงน้ำดอกไม้ของจังหวัดสระแก้ว	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมแกลลิกต่อน้ำหนักของสารสกัด)
สวนที่ 12 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	56.51

จากตารางที่ 3 พบว่า สารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 สวนที่ 1-5 มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 51.54 - 68.74 มิลลิกรัมแกลลิกต่อน้ำหนักของสารสกัด และสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสวนที่ 6-12 มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 38.67 - 76.56 มิลลิกรัมแกลลิกต่อน้ำหนักของสารสกัด

3. ผลการวิเคราะห์ปริมาณแทนนินทั้งหมดของสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้

ตารางที่ 4 ปริมาณแทนนินทั้งหมดของสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้

มะม่วงน้ำดอกไม้ของจังหวัดสระแก้ว	ปริมาณแทนนินทั้งหมด (มิลลิกรัมแทนนิกต่อน้ำหนักของสารสกัด)
สวนที่ 1 มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4	63.29
สวนที่ 2 มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4	58.25
สวนที่ 3 มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4	65.74
สวนที่ 4 มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4	49.22
สวนที่ 5 มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4	51.97
สวนที่ 6 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	51.20
สวนที่ 7 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	50.73
สวนที่ 8 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	72.91
สวนที่ 9 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	36.86
สวนที่ 10 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	73.25
สวนที่ 11 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	58.08
สวนที่ 12 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	53.99

จากตารางที่ 4 พบว่า สารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 สวนที่ 1-5 มีปริมาณแทนนินทั้งหมดอยู่ในช่วง 49.22 - 65.74 มิลลิกรัมแทนนิกต่อน้ำหนักของสารสกัด และสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสวนที่ 6-12 มีปริมาณแทนนินทั้งหมดอยู่ในช่วง 36.86 - 73.25 มิลลิกรัมแทนนิกต่อน้ำหนักของสารสกัด

4. ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้โดยวิธี

DPPH radical

ตารางที่ 5 ค่า EC₅₀ ของ BHT BHA สารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้

สารตัวอย่าง	EC ₅₀ (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)
BHT	1.13
BHA	1.16
สวนที่ 1 มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4	0.90
สวนที่ 2 มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4	0.92
สวนที่ 3 มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4	0.90
สวนที่ 4 มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4	1.71
สวนที่ 5 มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4	1.27
สวนที่ 6 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	1.70
สวนที่ 7 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	1.34
สวนที่ 8 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	1.27
สวนที่ 9 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	1.24
สวนที่ 10 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	1.00
สวนที่ 11 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	1.51
สวนที่ 12 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	1.70

จากตารางที่ 5 พบว่าสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 สวนที่ 1-5 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอยู่ในช่วง 0.90 - 1.71 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสวนที่ 6-12 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอยู่ในช่วง 1.00 - 1.70 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เทียบกับสารมาตรฐาน BHT และ BHA ซึ่งมีค่า EC₅₀ เท่ากับ 1.13 และ 1.16 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และพบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1. การหาปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 สวนที่ 1 - 5 มีปริมาณ ฟลาโวนอยด์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.08 - 0.15 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสวนที่ 6 - 12 มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.08 - 0.13 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร
2. การหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 สวนที่ 1-5 มีปริมาณ ฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 51.54 - 68.74 มิลลิกรัมแกลลิกต่อน้ำหนักของสารสกัดและสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสวนที่ 6-12 มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 38.67 - 76.21 มิลลิกรัมแกลลิกต่อน้ำหนักของสารสกัด

3. การหาปริมาณแทนนินทั้งหมดของสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ส่วนที่ 1-5 มีปริมาณแทนนินทั้งหมดอยู่ในช่วง 49.22 - 65.74 มิลลิกรัมแทนนิกต่อน้ำหนักของสารสกัด และสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองส่วนที่ 6-12 มีปริมาณแทนนินทั้งหมดอยู่ในช่วง 36.86 - 73.25 มิลลิกรัมแทนนิกต่อน้ำหนักของสารสกัด

4. การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH พบว่า สารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ส่วนที่ 1-5 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอยู่ในช่วง 0.90 - 1.71 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และสารสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองส่วนที่ 6-12 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอยู่ในช่วง 1.00 - 1.70 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เทียบกับสารมาตรฐาน BHT และ BHA ซึ่งมีค่า EC_{50} เท่ากับ 1.13 และ 1.16 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และพบว่า มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

จากการศึกษาหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดจะพบว่าสารสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ส่วนที่ 1 มีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากที่สุด 0.15 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์สีทอง ส่วนที่ 6 มีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากที่สุด 0.13 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จะพบว่า มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 สารประกอบฟีนอลิกสูงกว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง จากการหาปริมาณฟีนอลิกในมะม่วงน้ำดอกไม้ทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่า มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ส่วนที่ 3 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุด 68.74 มิลลิกรัมแกลกติกต่อน้ำหนักของสารสกัด มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์สีทองส่วนที่ 10 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุด 76.36 มิลลิกรัมแกลกติกต่อน้ำหนักของสารสกัด ซึ่งสอดคล้องกับ Ribeiro et al. (2008) ที่ได้ทำการศึกษาระดับปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และการต้านอนุมูลอิสระของมะม่วงในสายพันธุ์ที่พบในประเทศบราซิลพบว่าสายพันธุ์ของมะม่วงในแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างของสารประกอบฟีนอลิกรวม สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารที่ป้องกันการเสื่อมสภาพของอาหารแล้ว ยังสามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระบบ ร่างกายของผู้บริโภค โดยพบว่าการบริโภคผลไม้ในปริมาณมากสามารถลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือด หัวใจจุดตัน อีกทั้งยังสามารถลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งบางชนิด อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการ เป็นสารต้านออกซิเดชันของผลไม้จะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้จากการหาปริมาณแทนนินในมะม่วงน้ำดอกไม้ทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ส่วนที่ 3 มีปริมาณสารประกอบแทนนินทั้งหมดมากที่สุด 65.74 มิลลิกรัมแทนนิกต่อน้ำหนักของสารสกัด มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์สีทองส่วนที่ 10 มีปริมาณสารประกอบแทนนินทั้งหมดมากที่สุด 73.25 มิลลิกรัมแทนนิกต่อน้ำหนักของสารสกัด และพบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองโดยมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดโดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 0.90 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และเมื่อนำสารสกัดจากเนื้อผลมะม่วงดิบของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและเบอร์ 4 มาวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH Radical Scavenging พบว่าสายพันธุ์มีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยสารสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ส่วนที่ 1 และ ส่วนที่ 2 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดโดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 0.90 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อเทียบกับสารละลายมาตรฐาน BHT และ BHA

ข้อเสนอแนะ

ควรทำการเปรียบเทียบตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดหยาบมะม่วงน้ำดอกไม้เพื่อให้ได้สารสกัดหยาบในปริมาณที่มาก

เอกสารอ้างอิง

- กันญารัตน์ ภิรมย์มัน. (2550). **ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของส่วนสกัดจากต้นกระเทียมและว่านริดสีดวง**. สาขาวิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- กันต์ฤทัย คุณเลี้ยง. (2557). **การสกัดด้วยตัวทำละลาย**. [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก:
<http://scicom5808.blogspot.com>
- ณพัฐอร บัวฉุน. (2560). **องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบมะขามป้อม**. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ปีที่ 10 ฉบับที่ 2, 8-17
- ณพัฐอร บัวฉุน และเยาวนารถ งามนนท์. (2561). **การพัฒนาโลชั่นบำรุงผิวจากสารสกัดหยาบชะเอมไทยและพื้ลิงกาสา**. วารสารวิจัยและพัฒนา วิทยาลัยการณ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 13 ฉบับที่ 2, 74-85
- Abdalla MA, Sihanm ES, Alian YYHA, Amel OB, (2008). **Food safety knowledge and practice of street food-vendors in Khartoum city**. Sud. J. Vet. Sci. Anim. Husb. 47(1&2): 126-136
- Ames, B.N., Shigenaga, M.K. and Hagen, T.M., (1993), Oxidants, antioxidants, and the degenerative disease of aging, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 90: 7915-7922.
- Arvouet-Grand, A., Vennat, B., Pourrat, A., & Legret, P. (1994). **Standardisation d'un extrait de propolis et identification des principaux constituants**. J. de Pharmacie de Belgique. 49, 462-468
- Ayoola, G.A., Coker, H.A.B., Adesegun,S.A., Adepoju-Bello, A.A., Obaweya, K., Ezennia, E.C., & Atangbayila, T.O. (2008). Phytochemical screening and antioxidant activities of some selected medicinal plants used for malaria therapy in southwestern Nigeria. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 7, 1019–1024.
- Halliwell, B., (1999), Antioxidant defense mechanism: From the beginning to the end, *Soc. Free Radic. Biol. Med.* 31: 261-272.
- Lo, M., & Cheung, C. K. (2005). Antioxidant activity of extracts from the from the fruiting bodies of *Agrocybe acergeria* var. *alba*. *Food Chemistry*, 89(4), 533-539.
- Lee Y and Thiruvengadam M. (2013). **Polyphenol composition and antioxidant activity from the vegetable plant *Artemisia absinthium* L.** [Online]. [cited 2016 Dec 18]. Available from: <http://www.cropj.com/nagella>.
- Majhenic, L., Skerget, M., & Knez , Z. (2007). **Antioxidant and antimicrobial activity of quarana seed extracts**. *Food Chemistry*,104(3), 1258-1268.
- Nelumbo Nucifera Gaertn flowers**. International Conference on Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics IPCBEE, 5,213-217.

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกรวมจากใบชายา

ณพัฐอร บัวฉุน^{1*} ผกามาศย์ ชูเสน²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม ปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณแทนนินรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบเอทานอลจากใบชายา (*Cnidioscolus aconitifolius*) ทั้งแบบสด และแห้งจากการศึกษาพบว่า ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมจากสารสกัดหยาบใบชายาสดมีปริมาณสูงที่สุดที่ 1.22 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาณฟีนอลิกรวมจากสารสกัดหยาบใบชายาสดมีปริมาณสูงที่สุดที่ 61.77 มิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักสารสกัด ปริมาณแทนนินรวมจากสารสกัดหยาบใบชายาสดมีปริมาณสูงที่สุดที่ 91.36 มิลลิกรัมแทนนินต่อมิลลิลิตร และจากการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH free radical scavenging พบว่า สารสกัดหยาบเอทานอลจากใบชายาแห้งมีฤทธิ์ของการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด โดยมีค่า EC₅₀ เท่ากับ 0.84 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

คำสำคัญ : ใบชายา ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม ปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณแทนนินรวม ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

¹ หลักสูตรเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี
e-mail: napattaorn@vru.ac.th

² หลักสูตรเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี
e-mail: go79710@gmail.com

* ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: napattaorn@vru.ac.th

ANTIOXIDANT ACTIVITY AND TOTAL PHENOLIC CONTENT FROM *CNIDOSCOLUS ACONITIFOLIUS* LEAVES

Napattaorn Buachoon^{1*} Phakamat Choosen²

Abstract

The present study was performed to evaluate the total flavonoids content, total phenolic content, total tannin content and antioxidant activities of the ethanolic extracts from *Cnidoscopus aconitifolius* fresh and dry leaves. The result showed that crude extract of *Cnidoscopus aconitifolius* fresh leaves had total flavonoids contents was 1.22 mg/ml, total phenolic content in crude extract of *Cnidoscopus aconitifolius* fresh leaves was 61.77 mg Gallic /g crude extract, total tannin content in crude extract of *Cnidoscopus aconitifolius* fresh leaves was 91.36 mg tannic /g crude extract. The highest antioxidant activity using DPPH free radical scavenging method was demonstrated by *Cnidoscopus aconitifolius* dry leaves at EC₅₀ 0.84 mg/mL

Keywords : *Cnidoscopus aconitifolius* leaves, total flavonoids content, total phenolic content, total tannin content and antioxidant activities

¹ Chemistry Program , Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage e-mail: send2duang@hotmail.com

² Chemistry Program , Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage e-mail:ga79710@gmail.com

* Corresponding author, e-mail:napattaorn@vru.ac.th

บทนำ

อนุมูลอิสระในร่างกายมนุษย์เกิดจากปัจจัยหลายประการทั้งภายในและภายนอกร่างกาย รวมทั้งวิถีชีวิตในปัจจุบันที่เปลี่ยนแปลงไปไม่ค่อยได้ใส่ใจสุขภาพไม่ว่าจะเป็นเรื่องการคัดเลือกคุณค่าและปริมาณของอาหารที่รับประทานที่ไม่เหมาะสม การพักผ่อนไม่เพียงพอ ไม่มีเวลาในการออกกำลังกายรวมถึงความเครียดในท่ามกลางสภาวะแวดล้อมและมลภาวะรอบตัวซึ่งล้วนแต่เป็นปัจจัยที่เพิ่มอนุมูลอิสระทั้งสิ้น ซึ่งในวงการแพทย์พบว่า เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เซลล์เสื่อมและนำไปสู่การแก่ชราหรือความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคหัวใจ โรคกระเพาะ โรคเบาหวาน และโรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น ทำให้พบปัญหาสุขภาพจากโรคเรื้อรังมากขึ้นในช่วงอายุที่น้อยลงจากรายงานการศึกษาพบว่าสารพฤกษเคมีจำนวนมาก โดยเฉพาะสารกลุ่มฟีนอลิกจะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ การได้รับสารธรรมชาติที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจึงลดความเสี่ยงและความรุนแรงโรคเรื้อรังที่มีสาเหตุมาจากอนุมูลอิสระได้ (สุรพงษ์รัตน์, บรรลือ สังข์ทอง, 2560; ณพัฑฒอร บัวฉวน, 2560, 2561)

สารที่นำมาใช้ต่อต้านหรือยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระ เรียกว่าสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นสารที่ทำหน้าที่ต่อต้านหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจึงช่วยยับยั้งอนุมูลอิสระไม่ให้ทำลายองค์ประกอบของเซลล์โดยสารต้านอนุมูลอิสระที่ร่างกายต้องการและใช้เป็นประจำได้แก่ วิตามินซี และวิตามินอี (บังอรวงค์รักรักษ์, ศศิลักษณ์ ปยะสุวรรณ, 2549)

ใบชายา (*Cnidioscolus aconitifolius*) หรือคະน้ำเม็กซิกันเป็นแหล่งของโปรตีน วิตามินแคลเซียม โพแทสเซียม และเหล็ก แล้วยังเป็นแหล่งที่อุดมสมบูรณ์ของสารต้านอนุมูลอิสระนอกจากนี้ ใบชายายังมีระดับสารอาหารสูงกว่าผักใบเขียวชนิดใดๆ ที่ปลูกบนดิน 2-3 เท่าอีกด้วย แต่ใบชายาตีบมีพิษเนื่องจากมีสารกลูโคไซด์ซึ่งจะปลดปล่อยสารพิษจำพวกไฮยาโนคอกมา จึงจำเป็นต้องทำให้สุกก่อนกินโดยใช้เวลาประมาณ 2-3 นาที ในการทำให้สุก เพื่อลดฤทธิ์ของสารที่เป็นพิษให้อยู่ในระดับปลอดภัย(สมชาย กันธะวงค์ ,2560)

จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม ปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณแทนนินรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบเอทานอลจากใบชายาประสิทธิภาพเพื่อเป็นการศึกษาเบื้องต้น และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม ปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณแทนนินรวมของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอลจากใบชายาแบบสดและแบบแห้ง
2. ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอลของใบชายา แบบสดและแบบแห้ง

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมสารสกัดหยาบจากใบชายา

ใบชายา (*Cnidioscolus aconitifolius*) โดยความอนุเคราะห์จากศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียง สำนักส่งเสริมการเรียนรู้และบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ นำมาล้างด้วยน้ำให้สะอาด หั่นให้ละเอียด ส่วนหนึ่งนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จนกระทั่งแห้ง และนำใบชายาแบบสดและแบบแห้งไปชั่งให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้วนำมาสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธีการแช่หมัก(Maceration) ที่สกัดโดยการแช่ในขวดโหล ปิดภาชนะทิ้งไว้เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบกำหนดนำไปกรองแยกสารละลายโดยเครื่องกรองสุญญากาศ นำสารที่สกัดได้มาระเหย

ตัวทำละลายออก โดยใช้เครื่องระเหยสารภายใต้สุญญากาศ (Rotary evaporator) จะได้เป็นส่วนสกัดหยาบชั้นเอทานอล (Ethanol extract) แล้วชั่งน้ำหนักของสารสกัดหยาบที่ได้ ละเอียดอย่างไว้

การหาปริมาณฟีนอลิกรวม

การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกเข้มข้น 1000 ppm และ 100 ppm

สารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกเข้มข้น 1000 ppm เตรียมโดยชั่งกรดแกลลิก 0.025 กรัม ละลายในเอทานอลบริสุทธิ์และปรับปริมาตรให้เป็น 25 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร จากนั้นเจือจางสิบเท่าให้ได้สารมาตรฐานกรดแกลลิกเข้มข้น 100 ppm ด้วยการปิเปตมา 2.5 มิลลิลิตร เจือจางด้วยเอทานอลให้ได้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

การสร้างกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

1. นำสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกเข้มข้น 100 ppm มาเจือจางด้วยเอทานอลให้มีความเข้มข้นเป็น 0, 20, 40, 60 และ 80 ppm ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร โดยแยกแต่ละหลอดการทดลอง
2. จากนั้นนำทุกหลอดมาเติมน้ำ 2.5 มิลลิลิตร และเติมสารละลายเฟอร์รินปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันดีและเติม 7 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ปริมาตร 2 มิลลิลิตร
3. นำไปเขย่าให้สารผสมกันด้วยเครื่องผสม ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 90 นาที
4. วัดค่าวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร (A_{760}) จากนั้นนำค่า A_{760} และความเข้มข้นของสารมาตรฐานแกลลิกมาเขียนกราฟมาตรฐานและหาค่าความชัน (m) เพื่อใช้วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวมในสารสกัดต่อไป

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวมในสารสกัดใบชา

1. นำสารสกัดใบชาแบบสดและแบบแห้ง มาตัวอย่างละ 0.05 กรัม มาละลายด้วย เอทานอล ปริมาตร 20 มิลลิลิตร
2. นำสารสกัดที่เตรียมได้จากข้อ 1 มา ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง
3. นำสารสกัดมาเติมน้ำ 2.5 มิลลิลิตร และเติมสารละลายเฟอร์รินปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันดี และเติม 7 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมคาร์บอเนต ปริมาตร 2 มิลลิลิตร
4. นำไปเขย่าให้สารผสมกันด้วยเครื่องผสม ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 90 นาที
5. นำไปวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดช่วงความยาวคลื่น 200 - 800 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-vis spectrophotometer และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร
6. หาปริมาณฟีนอลิกรวมจากกราฟมาตรฐานแกลลิกที่ทำในวันเดียวกัน โดยทำการทดลอง ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ
7. คำนวณหาปริมาณฟีนอลิกรวมในสารสกัด

การหาปริมาณแทนนินรวม

การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิกเข้มข้น 1000 ppm และ 100 ppm

สารละลายมาตรฐานกรดแทนนิกเข้มข้น 1000 ppm เตรียมโดยชั่งกรดแทนนิก 0.025 กรัม ละลายในเอทานอลบริสุทธิ์และปรับปริมาตรให้เป็น 25 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร จากนั้นเจือจางสิบเท่าให้ได้สารมาตรฐานกรดแทนนิกเข้มข้น 100 ppm ด้วยการปิเปตมา 2.5 มิลลิลิตร เจือจางด้วยเอทานอลให้ได้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

การสร้างกราฟมาตรฐานกรดแทนนิก

1. นำสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิกเข้มข้น 100 ppm มาเจือจางด้วยเอทานอลให้มีความเข้มข้นเป็น 0, 20, 40, 60 และ 80 ppm ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร โดยแยกแต่ละหลอดการทดลอง
2. จากนั้นนำทุกหลอดมาเติมน้ำ 2.5 มิลลิลิตร และเติมสารละลายเฟอร์ริล ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันดีและเติม 7 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมคาร์บอเนต ปริมาตร 2 มิลลิลิตร
3. นำไปเขย่าให้สารผสมกันด้วยเครื่องผสม ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 90 นาที
4. วัดค่าวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร (A_{760}) จากนั้นนำค่า A_{760} และความเข้มข้นของสารมาตรฐานกรดแทนนิกมาเขียนกราฟมาตรฐานและหาค่าความชัน (m) เพื่อใช้วิเคราะห์แทนนินในสารสกัดต่อไป การตรวจหาค่าประกอบทางเคมีของสารสกัดหยาบใบชา

การวิเคราะห์ปริมาณแทนนินรวมในสารสกัดใบชา

1. นำสารสกัดใบชาแบบสดและแบบแห้ง มาตัวอย่างละ 0.05 กรัม มาละลายด้วย เอทานอล ปริมาตร 20 มิลลิลิตร
2. นำสารสกัดที่เตรียมได้จากข้อ 1 มา ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง
3. นำสารสกัดมาเติมน้ำ 2.5 มิลลิลิตร และเติมสารละลายเฟอร์ริล ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันดี และเติม 7 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมคาร์บอเนต ปริมาตร 2 มิลลิลิตร
4. นำไปเขย่าให้สารผสมกันด้วยเครื่องผสม ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 90 นาที
5. นำไปวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดช่วงความยาวคลื่น 200 - 800 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-vis spectrophotometer และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร
6. หาปริมาณสารประกอบแทนนินจากกราฟมาตรฐานแทนนิกที่ทำในวันเดียวกัน โดยทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ
7. คำนวณหาปริมาณสารประกอบแทนนินทั้งหมดในสารสกัด

การหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม

การเตรียมสารละลายมาตรฐานรูทีน

1. การเตรียมสารละลายรูทีน ซึ่งรูทีน 20 มิลลิกรัม ละลายด้วย 80 เปอร์เซ็นต์ เอทานอล ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำมาเจือจางด้วย 80 เปอร์เซ็นต์ เอทานอล ให้ได้ความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้ 1.0, 0.8, 0.4, 0.2, 0.1 และ 0.05 มิลลิลิตร (ปีเปตสารละลายมาตรฐานรูทีนปริมาณ 5, 4, 2, 1, 0.5 และ 0.25 มิลลิลิตร ตามลำดับ) ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตรและปรับปริมาตรด้วย 80 เปอร์เซ็นต์ เอทานอล
2. เตรียมสารละลายตัวอย่าง ซึ่งสารสกัดหยาบใบชาแบบสดและแบบแห้งอย่างละ 20 มิลลิกรัม ละลายด้วย 80% เอทานอล ปริมาตร 10 มิลลิลิตร
3. เตรียมโซเดียมไนไตรต์ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยชั่งสารละลายโซเดียมไนไตรต์ 5.004 กรัม ละลายด้วยเมทานอล ปริมาตร 100 มิลลิลิตร
4. การเตรียม 10 เปอร์เซ็นต์ อะลูมิเนียมคลอไรด์ ซึ่งสารละลาย อะลูมิเนียมคลอไรด์ 10.087 กรัม ละลายด้วยเมทานอล ปริมาตร 100 มิลลิลิตร
5. การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ โดยชั่งสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10.002 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมในสารสกัดใบชาชา

1. นำสารสกัดใบชาชาแบบสดและแบบแห้ง มาตัวอย่างละ 20 มิลลิกรัม มาละลายด้วย 80 เปอร์เซ็นต์ เอทานอลปริมาตร 10 มิลลิตร

2. นำสารสกัดที่เตรียมได้จากข้อ 1 มา ปริมาตร 1 มิลลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิตร เติมน้ำกลั่น 4 มิลลิตร (ทำ 3 ซ้ำ) ที่เวลา 0 นาที เติม 0.3 มิลลิตร ของ 5 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมไนไตรด์ ที่เวลา 5 นาที เติม 0.3 มิลลิตร ของ 10 เปอร์เซ็นต์ อะลูมิเนียมคลอไรด์ ที่เวลา 6 นาที เติม 2 มิลลิตร ของ โซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 10 มิลลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปวัดค่า การดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร

3.การเตรียม Blank

ปีเปิดน้ำกลั่น 5 มิลลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิตร ที่เวลา 0 นาที เติม 0.3 มิลลิตร ของ 5 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมไนไตรด์ ที่เวลา 5 นาที เติม 0.3 มิลลิตร ของ 10 เปอร์เซ็นต์ อะลูมิเนียมคลอไรด์ที่เวลา 6 นาที เติม 2 มิลลิตร ของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 10 มิลลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร

4. คำนำหมายปริมาณฟลาโวนอยด์รวมในสารสกัด

การศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดใบชาชาแบบสดและแบบแห้ง โดยการวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH radical

การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

1. ชั่งสารสกัดชาชาแบบสดและแบบแห้งอย่างละ 0.010 กรัม ละลายด้วย Absolute Ethanol 20 มิลลิตร จนได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 500 การเตรียมสารละลายมาตรฐานไมโครกรัมต่อ มิลลิตร

2. นำมาเจือจางด้วย Absolute Ethanol ให้ได้ความเข้มข้นต่างๆ (500 250 125 62.5 และ 31.25 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร) ลงในหลอดทดลอง หลอดละ 2 มิลลิตร

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

1. ชั่งสารละลายมาตรฐาน (BHT และ BHA) 0.010 กรัม ละลายด้วย Absolute Ethanol 20 มิลลิตร จนได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร

2. นำมาเจือจางด้วย Absolute Ethanol ให้ได้ความเข้มข้นต่าง ๆ (500 250 125 62.5 และ 31.25 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร) ลงในหลอดทดลอง หลอดละ 2 มิลลิตร

การเตรียมสารละลายอนุมูลอิสระ DPPH

ชั่ง DPPH 0.0237 กรัม ละลายด้วย Absolute Ethanol ปรับปริมาตร 10 มิลลิตร จะได้ Stock Solution เข้มข้น 6×10^{-3} โมลาร์ เมื่อจะนำมาใช้ให้เจือจางให้เป็น 6×10^{-5} โมลาร์ โดยปีเปิดมา 0.1 มิลลิตร ปรับปริมาตร 10 มิลลิตร

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

นำสารละลายตัวอย่างความเข้มข้นต่าง ๆ มาทดสอบความสามารถในการจับกับอนุมูลอิสระ DPPH เทียบกับสารละลายมาตรฐาน BHT และ BHA

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการเติมสารละลายเพื่อทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH Radical Scavenging Assay

Test Sample	- สารละลายตัวอย่าง หรือ สารละลายมาตรฐานใน Absolute Ethanol ที่ความเข้มข้นต่างๆ	2 มิลลิลิตร
	- สารละลาย DPPH 6×10^{-5} โมลาร์ ใน Absolute Ethanol	2 มิลลิลิตร
Blank	- สารละลายตัวอย่าง หรือ สารละลายมาตรฐานใน Absolute Ethanol	2 มิลลิลิตร
	- Absolute Ethanol	2 มิลลิลิตร
Control	- สารละลาย DPPH 6×10^{-5} โมลาร์ใน Absolute Ethanol	2 มิลลิลิตร
	- Absolute Ethanol	2 มิลลิลิตร

ผสมสารในแต่ละหลอดให้เข้ากันดี บ่มที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที ในที่มืด จากนั้นจึง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ หลังจากนั้นทำการคำนวณหาร้อยละของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดังนี้ คือ

คำนวณหา % DPPH Scavenging

$$\% \text{ DPPH Scavenging} = \frac{\text{Control} - \text{Sample}}{\text{Control}} \times 100$$

พล็อตกราฟหาค่า EC_{50} เปรียบเทียบกับ BHA BHT และการสกัดใบชายาแบบสดและแบบแห้ง ในการรายงานค่าจะรายงานค่าเป็น EC_{50} ซึ่งได้จากการสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % Scavenging กับความเข้มข้น ซึ่งการคำนวณ EC_{50} คือความเข้มข้นที่มีค่า % Scavenging เท่ากับ 50

ผลการวิจัย

1. สารประกอบฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดหยาบจากใบชายา

ตารางที่ 2 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดหยาบใบชายาแบบสดและแบบแห้ง

สารสกัด	ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม (mg /ml)
ใบชายาแบบสด	1.22
ใบชายาแบบแห้ง	0.44

จากตารางที่ 2 พบว่า สารสกัดหยาบจากใบชายาแบบสดมีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมมากกว่าใบชายาแบบแห้ง เท่ากับ 1.22 และ 0.44 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

2. ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบใบชา

ตารางที่ 2 ปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบใบชาแบบสดและแบบแห้ง

สารสกัด	ปริมาณฟีนอลิกรวม (mg GAE/g crude extract)
ใบชาแบบสด	61.77
ใบชาแบบแห้ง	47.23

จากตารางที่ 2 พบว่าสารสกัดหยาบใบชาแบบสดมีปริมาณฟีนอลิกรวมมากกว่าใบชาแบบแห้ง เท่ากับ 61.77 และ 47.23 มิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักสารสกัด ตามลำดับ

3. ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบแทนนินรวมของสารสกัดหยาบใบชา

ตารางที่ 4 ปริมาณสารประกอบแทนนินรวมของสารสกัดหยาบจากใบชา

สารสกัด	ปริมาณสารประกอบแทนนินรวม (mg/mL)
ใบชาแบบสด	91.36
ใบชาแบบแห้ง	77.62

จากตารางที่ 4 พบว่า สารสกัดหยาบจาก ใบชาแบบสดมีปริมาณแทนนินรวมมากกว่าใบชาแบบแห้ง เท่ากับ 91.36 และ 77.62 มิลลิกรัมแทนนิกต่อกรัมน้ำหนักสารสกัด ตามลำดับ

4. ผลการศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบใบชาโดยวิธี

DPPH radical

ผลการศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบใบชา เทียบกับกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของBHTและBHA ค่าการดูดกลืนแสง ทดสอบโดยการวัดสมบัติในการยับยั้ง DPPH Radical Scavenging ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบใบชา เทียบกับสารมาตรฐาน

สารทดสอบ	ความเข้มข้น (µg/mL)	DPPH Scavenging (%)	EC ₅₀ (mg/mL)
ใบชาแบบสด	31.25	33.73	1.83
	62.50	48.09	
	125	65.79	
	250	81.08	
	500	94.90	

ตารางที่ 5 (ต่อ)

สารทดสอบ	ความเข้มข้น ($\mu\text{g/mL}$)	DPPH Scavenging (%)	EC ₅₀ (mg/mL)
ใบชายาแบบ แห้ง	31.25	56.32	1.29
	62.50	64.30	
	125	78.83	
	250	85.86	
	500	92.36	
BHT	31.25	50.09	1.53
	62.50	57.09	
	125	67.70	
	250	74.67	
	500	84.55	
BHA	31.25	62.37	0.84
	62.50	66.88	
	125	75.77	
	250	79.17	
	500	84.09	

จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าสารสกัดหยาบจากใบชายา มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยมีค่า EC₅₀ คือ ใบชายาแบบแห้ง เท่ากับ 1.29 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรและใบชายาแบบสด เท่ากับ 1.83 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เทียบกับสารมาตรฐาน BHT และ BHA ซึ่งมีค่า EC₅₀ เท่ากับ 1.53 และ 0.84 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1. การหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดหยาบใบชายาแบบสดและแบบแห้งที่สกัดด้วยเอทานอล โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานรูทีน พบว่าสารสกัดหยาบใบชายาแบบสดและแบบแห้งสกัดด้วยเอทานอล มีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมเท่ากับ 1.22 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร 0.44 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

2. การหาปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดหยาบใบชายาแบบสดและแบบแห้งที่สกัดด้วยเอทานอล โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก พบว่าสารสกัดหยาบใบชายาแบบสดและแบบแห้งที่สกัดด้วยเอทานอล มีปริมาณฟีนอลิกรวมเท่ากับ 61.77 มิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัม น้ำหนักสารสกัด 47.23 มิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัม น้ำหนักสารสกัด ตามลำดับ

3. การหาปริมาณแทนนินรวมของสารสกัดหยาบใบชายาแบบสดและแบบแห้งที่สกัดด้วยเอทานอล โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิก พบว่าสารสกัดหยาบใบชายาแบบสดและแบบแห้งที่สกัดด้วยเอทานอล มีปริมาณแทนนินรวมเท่ากับ 91.36 มิลลิกรัมแทนนิกต่อกรัม น้ำหนักสารสกัด 77.62 มิลลิกรัมแทนนิกต่อกรัม น้ำหนักสารสกัด ตามลำดับ

4. การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH พบว่า สารสกัดหยาบใบชಾಯาแบบแห้งที่สกัดด้วยเอทานอลมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าสารสกัดหยาบใบชಾಯาแบบสดโดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 1.29 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร 1.83 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เทียบกับสารมาตรฐาน BHT และ BHA ซึ่งมีค่า EC_{50} เท่ากับ 1.53 และ 0.84 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

ในการทดลองทำการสกัดสารจากใบชಾಯามาแช่ด้วยเอทานอลพบว่า พบว่าสารสกัดหยาบของใบชಾಯาแบบสดและแบบแห้ง คิดเป็นร้อยละของสารสกัดเท่ากับ 5.14 และ 22.93 ตามลำดับ และจากการตรวจสอบสารพิษทางเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบจากใบชಾಯา (*Cnidioscolus aconitifolius*) เมื่อทำการทดสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด พบว่าสารสกัดหยาบเอทานอลจากใบชಾಯาสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเท่ากับ 61.77 มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักสารสกัด สำหรับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพบว่า สารสกัดใบชಾಯาแบบแห้งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดเมื่อเทียบกับสารสกัดใบชಾಯาแบบสด จากการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging พบว่า สารสกัดหยาบเอทานอลจากใบชಾಯามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งผลดังกล่าวน่าจะเป็นผลมาจาก สารประกอบฟีนอลิกรวมที่ตรวจพบมากที่สุดในสารสกัดหยาบเอทานอลจากใบชಾಯา และนอกจากนี้ผลดังกล่าวยังยืนยันด้วยการตรวจทางพิษเคมี โดยสารที่พบส่วนใหญ่ในใบของชಾಯาเป็นสารประกอบฟีนอลิก เช่น แทนนิน ซึ่งสารดังกล่าวสามารถต้านอนุมูลอิสระได้อีกด้วย (อัญชญา เจนวิถีสุข, 2544, ณพัฐอร บัวฉวน, 2558) และสอดคล้องกับการศึกษาวิจัยของ Chanudom *et al.*(2014) พบว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสัมพันธ์กับคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่มืองค์ประกอบของฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์จะมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรนำสารสกัดฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากใบชಾಯาไปพัฒนาทำเป็นผลิตภัณฑ์หรือเครื่องสำอาง

2. ควรมีการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากใบชಾಯาเพิ่มเติมด้วยวิธี ABTS และ FRAP เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

ณพัฐอร บัวฉวน. (2558). สารต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดจากชะเอมไทย. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*; 2558. 10(2): 78-95.

ณพัฐอร บัวฉวน. (2560). องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบมะขามป้อม. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. ปีที่ 10 ฉบับที่ 2, 8-17

ณพัฐอร บัวฉวน และเยาวนารถ งามนนท์. (2561). การพัฒนาโลชั่นบำรุงผิวจากสารสกัดหยาบชะเอมไทยและฟิล์กาสา. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* ปีที่ 13 ฉบับที่ 2, 74-85.

บังอร วงศ์รักษ์ และศศิลักษณ์ ปยะสุวรรณ. (2549). ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้าน. *ปริญญาเภสัชศาสตร์บัณฑิต คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล*.

ปาลิตา วัฒนสืบสิน. 2556. *การเตรียมสารสกัดมาตรฐานใบย่านางเพื่อใช้ในเครื่องสำอาง*. หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง. มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.

- สุรพงศ์ รัตน์นะ, บันลือ สังข์ทอง. (2560). **ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดเมทานอลจากดอกไม้หอมห้าชนิด.**
- ศรัณญา มณีทอง. (2559). **การสกัดและการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในพืชสมุนไพร 4 ชนิดด้วยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระดีพีพีเอช.** สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
- Abdalla MA, Sihanm ES, Alian YYHA, Amel OB, (2008). **Food safety knowledge and practice of street food-vendors in Khartoum city.** Sud. J. Vet. Sci. Anim. Husb. 47(1&2): 126-136
- Ayoola, G.A., Coker, H.A.B., Adesegun, S.A., Adepoju-Bello, A.A., Obaweya, K., Ezennia, E.C., & Atangbayila, T.O. (2008). **Phytochemical screening and antioxidant activities of some selected medicinal plants used for malaria therapy in southwestern nigeria.** Tropical Journal of Pharmaceutical Research, 7(3), 1019–
- Braca, A., Sortion, C., Politi, M., Morelli, I., & Meddez, J. (2002). **Antioxidant activity of flavonoids from *Liccania licaniaeflora*.** Journal of Ethnopharmacology, 79(3), 379–381
- Chattopadhyay, K. and Chattopadhyay, B. D. (2008). **Effect of nicotine on lipid profile, peroxidation & antioxidant enzymes in female rats with restricted dietary protein.** Journal of research and education in Indian medicine. 127, 571-576.
- Chuanphongpanich S., Suttajit M., Phanichphant S., Buddhasukh D. and Sirithunyalug B.(2006) **Antioxidant Capacity of Broccoli Seeds Grown in Thailand.** Chiang Mai J. Sci. 33(1) : 117-122
- Lo, M., & Cheung, C. K. (2005). **Antioxidant activity of extracts from the from the fruiting dodies of *Agrocybe acgeria* var. alba.** Food Chemistry. 89(4), 533-539.
- Majhenic, L., Skerget, M., & Knez , Z. (2007). **Antioxidant and antimicrobial activity of quarana seed extracts.** Food Chemistry,104(3), 1258-1268.
- Venkatesh, B., & Dorai, A. (2011). **Antibacterial and antioxidant potential of white and pink *Nelumbo Nucifera Gaertn* flowers.** International Conference on Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics IPCBEE, 5,213-217.

KINETIC OF COOKING PARBOILED PRE-GERMINATED BROWN RICE AND TTI DEVELOPMENT

Nucharee Krongworakul¹ Onanong Naivikul^{2*}**Abstract**

Parboiled pre-germinated brown rice (PPGBR) is a modified rice by germinating and parboiling to improve its quality. It is considered health benefit as the results of hydrolysis of high molecular weight polymers which decreased the molecular size and produced bio-functional substances during germination. Normally, the qualities of cooked rice depend on many factors; cooking condition is one of them. The purpose of this work is to determine the activation energy (E_a) of rice cooking process and develop the time-temperature indicator (TTI) for monitoring the process. Rice cooking kinetic of PPGBR from KDML 105 was determined by measuring the hardness value of cooked rice over time. The optimum cooking time at 100°C was 20 min. The E_a of rice cooking, derived from Arrhenius plots of cooking rate constant was 16.69 kJ/mole. TTI was developed based on chemical reaction to monitor rice quality during processing. The absorbance at 420 nm was measured over time at 80°C, 90°C and 100°C. The color of TTI changed from colorless to dark brown. The E_a of TTI calculated from Arrhenius equation was 94.30 kJ/mol. The color changing of TTI directly related to rice cooking at 100°C. The present results suggest that the color changing of TTI could be used as an indicator to monitor cooked rice quality by visual checking.

Keywords : Parboiled pre-germinated brown rice, rice cooking, kinetic, monitoring

¹ Ph.D. student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, 50 Ngam Wong Wan Rd., Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand. e-mail: manyon22@hotmail.com

² Associate Fellow of the Royal Society, Thailand, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agro- Industry, Kasetsart University, 50 Ngam Wong Wan Rd., Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand. e-mail: fagionn@ku.ac.th

*Corresponding author, e-mail: fagionn@ku.ac.th

Introduction

Rice is a staple food for most Asian people. There are many methods for cooking rice such as boiling, steaming or using electric rice cooker. All these methods use energy at a considerable level. Understanding the kinetics of rice cooking is beneficial to conserve energy consumption. There are several studies on kinetic of rice cooking at various conditions to obtain activation energy of cooking, but no information on kinetic of parboiled pre-germinated brown rice. Parboiled pre-germinated brown rice (PPGGBR) is a modified rice through germinating and parboiling to improve its quality and known to be health benefit. Chemical and physico-chemical properties of PPGGBR were found to change compared to brown rice as reported by Panchan and Naivikul (2009). Further study on the kinetics of PPGGBR rice cooking is beneficial for the control of cooked rice quality.

Kinetic of rice cooking is used to design the optimum condition to cook rice but the controlling of optimum time is also very important in food processing. Time-temperature indicators (TTIs) are effectively used to monitor, record, and cumulatively indicate the overall influence of temperature history on the food product quality (Giannakourou et al., 2005). TTIs are developed base on different biological, chemical and physical processes. They exhibit color change with elapse time. Sun et al. (2008) developed a new amylase type TTI based on the reaction between amylase and starch. Vinicius et al. (2012) reported a colorimetric temperature indicator made from chitosan card paper system. A time-temperature indicators based on non-enzymatic browning reaction of Maillard is new. It is a reaction between amino acids and reducing sugars, which takes place in thermally processed foods. The rate of Maillard reaction are governed by its immediate chemical environment including water activity, pH and temperature. It results in the formation of complex mixtures of color and colorless reaction products.

This research focused on the kinetic rice cooking of PPGGBR and development of time-temp indicator (TTI) to monitor the quality of cooking process. This new type of TTI was obtained under constant temperature and their dynamics parameters were analyzed using Microsoft office software to construct a mathematical model, which would reflect the relationship between color absorption and temperature over time. This new time-temperature indicator used sugar and amino acid which are suitable for food processing.

Materials and Methods

Kinetic of rice cooking

Parboiled pre-germinated brown rice (PPGGBR) from Khaw Dok Mali 105 (KDML 105) was obtained from a supermarket in Thailand. Rice sample was cooked by weighing approximately 10 g into 75 ml glass tubes. Then, water was added and the tube was placed in a water bath at a constant temperature in various conditions (80°C, 90°C and 100°C). At time

intervals of 5 min, the tubes were removed from the water bath and the cooked rice was placed on a filter sieve. Three cooked rice grains were used for hardness measurement using texture analyzer, TA-XT plus Stable Micro System. Pre-test, post-test and test speed were 0.5, 0.5 and 10 mm/second, compression was adjusted to about 70 %. Force-time graph was observed from testing. Hardness of cooked milled rice (Ho) was determined by extrapolation of the plot of \ln reciprocal hardness against cooking time. Mean hardness at terminal point of cooking (HL) and cooking time to terminal point of cooking were estimated from a plot of \ln reciprocal hardness against \ln cooking time. A plot was then made of $\ln(1 - \alpha)$ as a function of cooking time where $\alpha = H_t - H_o / HL - H_o$ where H_t = hardness at time t . The reaction rate constant was calculated from the slope of the plot of $\ln(1 - \alpha)$ versus t and a plot made of $\ln k$ as a function of reciprocal cooking temperature in degrees Kelvin. The activation energy was calculated from the slope from Arrhenius equation (Juliano and Perez, 1986).

Kinetic of glucose-glycine reaction

Reaction mixtures of glucose and glycine containing concentration of 2 M were prepared in 0.1 M phosphate buffer. Final pH of mixtures were adjusted to 6.6 ± 0.1 . Reaction mixture was then distributed in vial tube, containing 20 ml solution. Samples were heated in water bath at 80°C , 90°C , 100°C . At time, the samples were drawn, immediately cooled in ice and then tested for absorbance measurement at 420 nm.

According to the indicator kinetics characterized by Taoukis and Labuza (1989), the absorbance value $X = A$ of the indicator could be expressed in terms of a response function as follows:

$$F(X) = kt \quad \text{Eq. 1}$$

where k is the rate constant of the reaction that is correlated with temperature, and t is the time. By plotting a curve between the response function of absorbance $F(X)$ and time, a straight line could be obtained, and the k of different temperatures could be calculated from the slope. Taking the logarithm on both sides of the Arrhenius function:

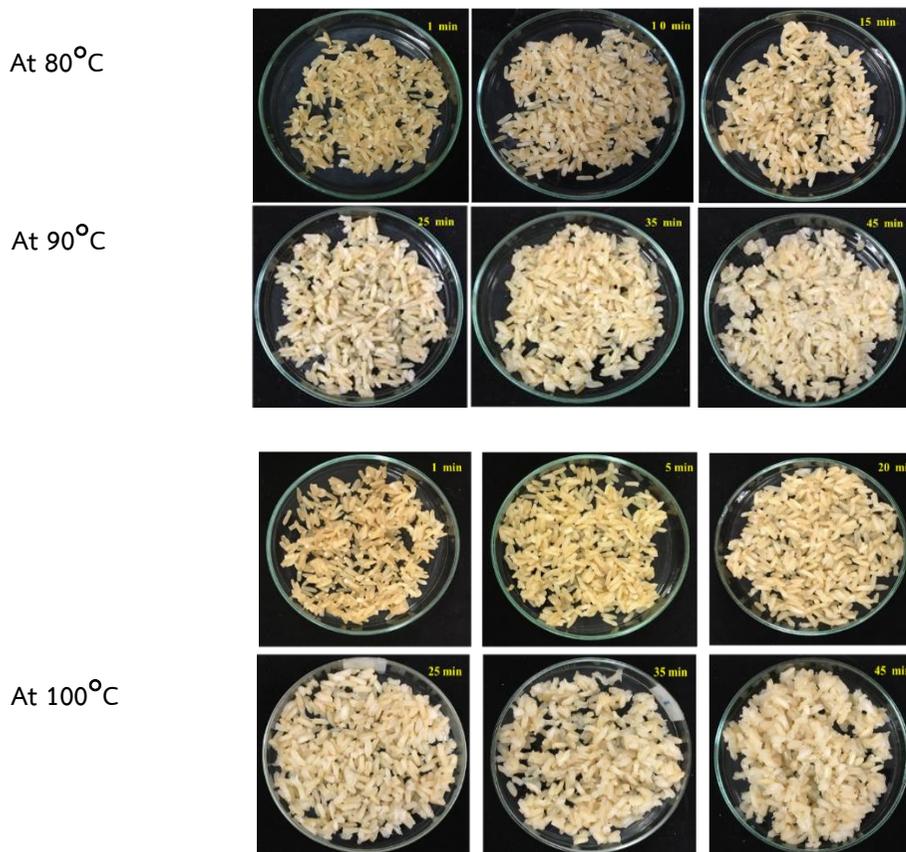
$$\log k = E_a / 2.303RT + \log A \quad \text{Eq.2}$$

by plotting a curve of $\log k$ and $1/T$, a straight line was obtained. The activation energy could be calculated from the slope, and A from the intercept directly.

Results and Discussion

Kinetic of rice cooking

In general, water absorption phenomenon occurs during cooking. Hydration of water into rice grain results in the appearance of swollen and soften texture while interval time increased. Figure 1 shows the appearance of PPGBR during cooking in water. Cooking time of PPGBR at 80°C, 90°C and 100°C were 30, 25 and 20 min, respectively. Cooking time were decreased while increasing cooking temperature. PPGBR which had been cooked at 100°C gave the higher rate of water absorption than PPGBR at 80°C and 90°C. The appearance of PPGBR at 100°C more swollen and rupture than PPGBR at 80°C and 90°C. These outcome maybe the results of higher temperature induced and the interaction of hydrogen bond with water at faster rate to destroy starch granule.



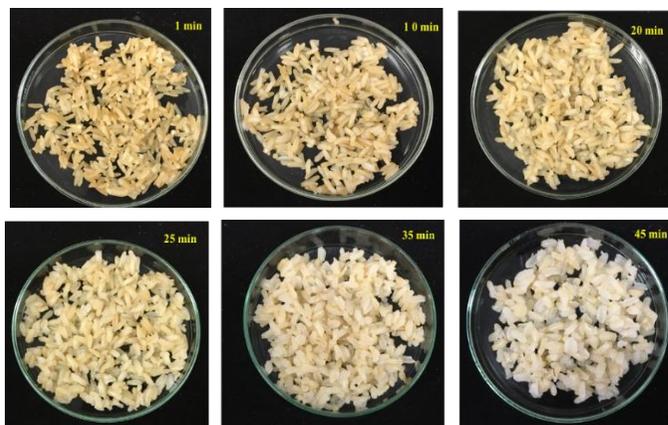


Figure 1 Appearance of PPGBR during cooking in water at 80°C, 90°C and 100°C.

Figure 2 shows the hardness value of PPGBR rice during cooking in water at 80°C, 90°C and 100°C. The hardness value was decreased while the cooking time increased due to water absorption into the rice grains. The activation energy (E_a) of PPGBR cooking calculated from Arrhenius equation was 16.69 kJ/mole or 3.98 kcal/mole. There are several reports on kinetic of hydration and energy relations. The activation energy of kinetic of rice hydration between 75°C and 150°C as reported by Parthasarathi and Nath (1953) was 13 kcal/mole (54.43 kJ/mole). Sukuzi et al. (1976, 1977) reported the activation energy was 9 kcal/mole and 19 kcal/mole below and above 102°C. In addition, Juliano and Perez (1986) also studied the hydration phenomenon in Japonica rice between 80°C and 100°C showing the activation energy to be 76 and 121 kJ/mole at temperature below 90°C and 32 and 57 kJ/mole at temperature above 90°C. The cooking PPGBR cooking with low activation energy could be the results of gelatinized starch during parboiling process and properties changing.

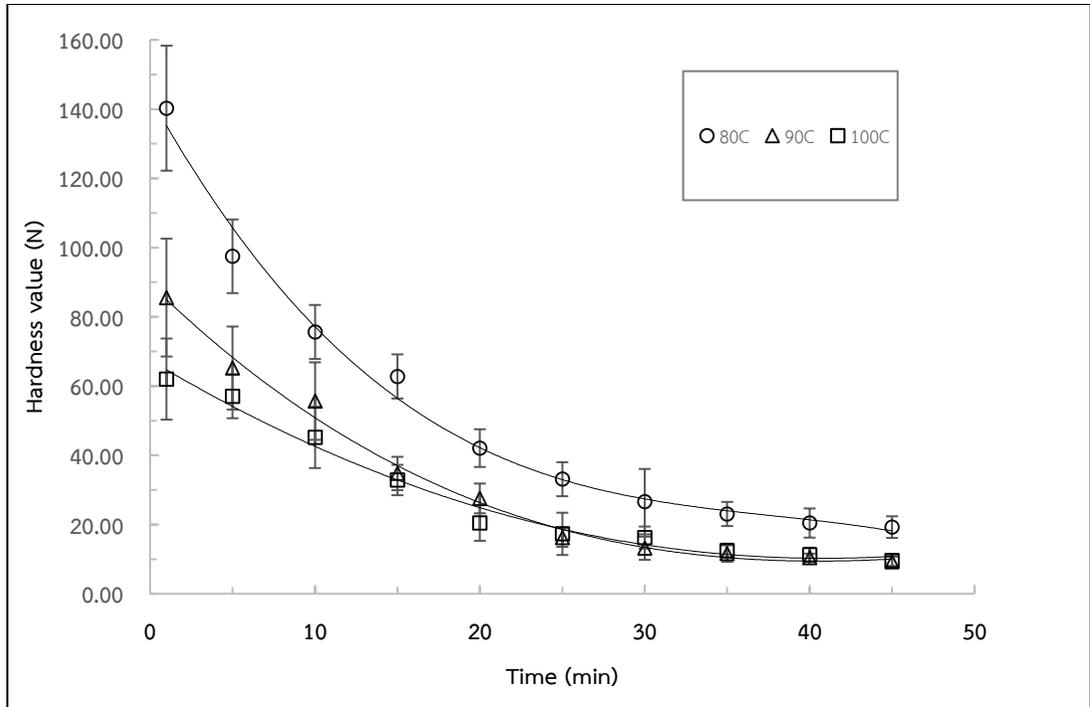


Figure 2 Hardness value of PPGBR during cooking in water at 80°C, 90°C and 100°C. Color changes of time-temperature indicator

The reaction between glucose and glycine could be the results of complex mixtures formation of colored and colorless reaction products which range from flavor volatiles to melanoidins, a series of brown pigments with high molecular weights. The color change process of time-temperature indicator (TTI) was the reaction of sugar and amino acid in solution, the color of Maillard reaction products changes from colorless to dark-brown (Figure 3).

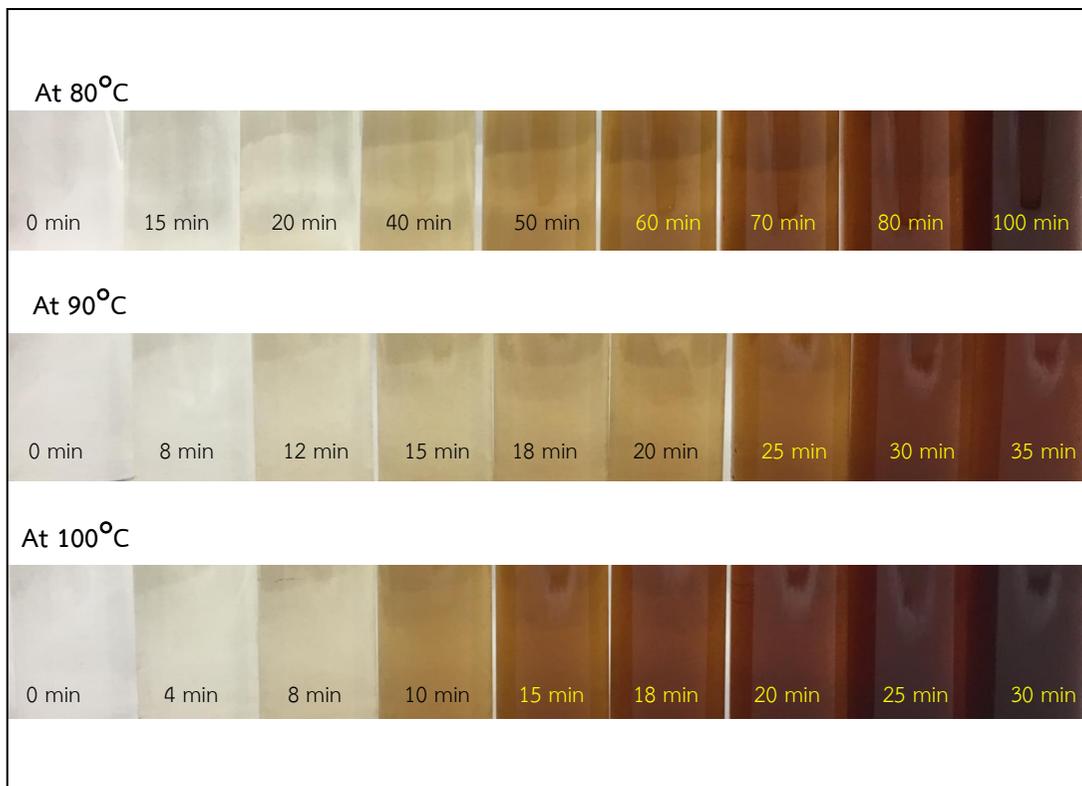


Figure 3 Color change of TTI at 80°C, 90°C and 100°C.

Figure 3 shows the color of TTI change from colorless to dark-brown while increasing time at constant temperature.

According to Eq.1 (1), the regression lines correlating the response value X and time at different temperature was obtained and presented in Figure 4 and the related coefficients R^2 of TTI in Table 1.

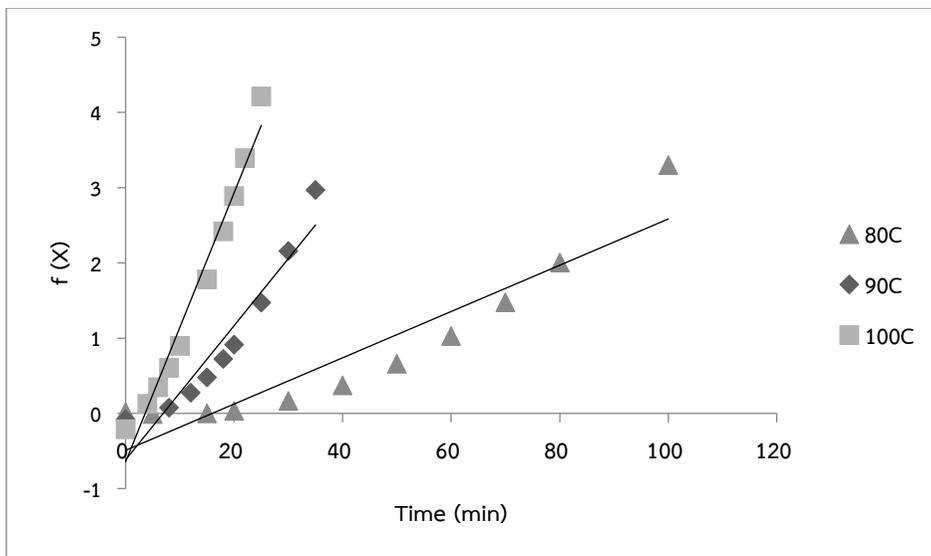


Figure 4 Plot of the response X and time of TTI at 80°C, 90°C and 100°C.

Table 1 R² of TTI from Arrhenius plot which fit the data at 80°C, 90°C and 100°C.

Temperature (°C)	R ²
80°C	0.877
90°C	0.909
100°C	0.974

According to Eq. (2), the E_a of TTI can be calculated by plotting a curve between $\log k$ and $1/T$. E_a of TTI was found to be 94.30 kJ/mol. The E_a of this new TTI was similar to the MonitorMark indicators, which were found ranging from 96.30 kJ/mol to 129.79 kJ/mol (Shimoni, Anderson, and Labuza, 2001). The system has high potential for applications to different usages such as food quality losses. The convenience of colourimetric visually detection and simple manufacturing are advantages of this temperature indicator prototype.

Figure 5 shows the relationship of rice cooking and TTI color changing at 100°C. Different color of TTI could be applied for monitoring cooked rice quality by visual checking.



Figure 5 Relationship of rice cooking and TTI color changing 100°C.

The difference in E_a of the TTI obtained from this research and E_a of rice cooking was more than 40 kJ/mole. It means that the minimum energy required to start chemical reaction of TTI was higher than those of rice cooking process. Therefore TTI could be further developed to obtain the closest value to E_a of rice cooking process by adjusting the chemical reaction factors, such as pH, temperature, reactant concentrations and the ratio between reactants.

Conclusion

The kinetic of PPGBR cooking was shown having E_a equal to 16.69 kJ/mole. TTI was developed using glycine-glucose reaction resulting in the color changes from colorless to very dark brown after heating at temperature ranging from 80 to 100°C. The E_a of TTI was found to be 94.30 kJ/mol. TTI could be used to monitor cooking process by visual checking and could be further developed to obtain the closest value to E_a of rice cooking. Knowing the effect of Maillard reaction factors, such as buffer, pH, temperature, reactant concentrations and the ratio between reactants was suggested for better TTI development.

Reference

- Giannakourou, M. C., Koutsoumanis, K., Nychas, G. J. E., and Taoukis, P. S. (2005). Field evaluation of the application of time temperature integrators for monitoring fish quality in the chill chain. *International Journal of Food Microbiology*, 102, 323-336.
- Juliano, B. O., and Perez, C. M. (1986). Kinetic studies on cooking of tropical milled rice. *Food Chemistry*, 20 (2), 97-105.
- Panchan, K. and O. Naivikul. (2009). Effect of pre-germination and parboiling on brown rice properties. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 2 (4), 515-524.
- Parthasarathi, N. V. V., and Nath. N. (1953). Cooking and energy requirements. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 12, 224-226.

- Shimoni, E., Anderson, E. M., and Labuza, T. P. (2001). Reliability of time–temperature indicators under temperature abuse. **Journal of Food Science**, 66(9), 1337–1340.
- Sun, Y., Cai, H., Zheng, L., Ren, F., Zhang, L., and Zhang, H. (2008). **Development and characterization of a new amylase type time–temperature indicator**. *Food Control*, 19, 315–319.
- Suzuki, K., Kubota, K., Omichi, M., and Hosaka, H. (1976). Kinetic studies on cooking of rice. **Journal of Food Science**, 41, 1180–1183.
- Suzuki, K., Aki, M., Kubota, K., and Hosaka, H. (1977). Studies on the cooking rate equations of rice. **Journal of Food Science**, 41, 1545–1548.
- Taoukis, P. S., and Labuza, T. P. (1989). Applicability of time temperature indicators as shelf-life monitors of food products. **Journal of Food Science**, 54, 783–788.
- Vinicius, B. V. M., Cristiana, M. P. Y., and Telma, T. F. (2012). Development of a prototype of a colourimetric temperature indicator for monitoring food quality. **Journal of Food Engineering**, 111, 21–27.

ระเบียบการตีพิมพ์บทความวิจัย วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

ในการส่งบทความวิจัยลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เพื่อให้การตีพิมพ์บทความวิจัยเป็นไปโดยเรียบร้อยได้มาตรฐาน TCI และเป็นประโยชน์ทั้งผู้ส่งบทความวิจัย ผู้ใช้ประโยชน์จากบทความวิจัย รวมทั้งสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ในการจัดทำวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จึงได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการพิจารณาบทความวิจัยเพื่อตีพิมพ์ในวารสารฯ ตลอดจนคำแนะนำการเขียนและส่งต้นฉบับ ดังนี้

หลักเกณฑ์ในการพิจารณาบทความวิจัยเพื่อตีพิมพ์ในวารสาร

1. เป็นบทความวิจัยในสาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ หรือสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามรูปแบบของต้นฉบับในข้อกำหนดของคำแนะนำการเขียนและส่งต้นฉบับวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
2. บทความวิจัยที่ส่งมาพิจารณาตีพิมพ์ลงในวารสารต้องเป็นบทความวิจัยที่ไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ที่ไหนมาก่อนและไม่อยู่ระหว่างเสนอขอตีพิมพ์ในวารสารอื่น
3. เนื้อหาในต้นฉบับควรเกิดจากการสังเคราะห์ความคิดขึ้นโดยผู้เขียนเอง ไม่ได้ลอกเลียนหรือตัดทอนมาจากผลงานวิจัยของผู้อื่น หรือจากบทความอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต หรือปราศจากการอ้างอิงที่เหมาะสม
4. ผู้ส่งบทความวิจัยต้องชำระค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นจำนวนเงิน 2,500 บาท โดยสามารถโอนเงินผ่านบัญชี ธนาคารกรุงศรีอยุธยา สาขาอยุธยา นคร ชื่อบัญชีสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เลขที่ 258-1-84630-3 พร้อมส่งสำเนาหลักฐานการชำระค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารฯ ได้ 3 ช่องทาง ดังนี้
 - 4.1 ไปรษณีย์ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เลขที่ 1 หมู่ที่ 20 กม.48 ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 13180 โดยวงเล็บมุมซองว่า (ชำระค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์)
 - 4.2 โทรสาร 0 2909 3036
 - 4.3 E-mail address: rdi_published@vru.ac.th
5. ผู้เขียนบทความวิจัยต้องดำเนินการปรับแก้ไขบทความตามผลการอ่านประเมินของกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิของวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ อย่างต่อเนื่องตลอดการตีพิมพ์ หากผู้เขียนบทความวิจัยซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่าผู้นิพนธ์บทความไม่ปฏิบัติตามระเบียบการตีพิมพ์บทความวิจัยวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ กองบรรณาธิการมีสิทธิ์แจ้งยกเลิกการพิจารณาตีพิมพ์บทความวิจัยโดยไม่คืนเงินค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
6. บทความวิจัยที่ส่งมาจะได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ต่อเมื่อได้ผ่านกระบวนการประเมินเห็นสมควรให้ตีพิมพ์เผยแพร่โดยผู้ทรงคุณวุฒิที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ แต่งตั้งขึ้น อย่างน้อย 2 ท่าน

คำแนะนำการเขียนและส่งต้นฉบับ
วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. **การเตรียมต้นฉบับ** ต้นฉบับบทความวิจัยต้องจัดทำสำหรับกระดาษขนาด B5(JIS) (18.2 ซม. X 25.7 ซม.) ความยาว 10 หน้ากระดาษ ตามรูปแบบวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ พิมพ์โดยใช้โปรแกรม Microsoft Word เวอร์ชัน 2007 ขึ้นไป
2. **การตั้งค่าหน้ากระดาษ** ระยะขอบกระดาษด้านบน (Top Margin) 2.54 เซนติเมตร ด้านซ้าย (Left Margin) ด้านขวา (Right Margin) และด้านล่าง (Bottom Margin) 2 เซนติเมตร
3. **รูปแบบตัวอักษร** ใช้ TH SarabunPSK เท่านั้น ชื่อหัวข้อพิมพ์เป็นตัวหนา ขนาด 14 Point จัดชิดซ้ายหน้ากระดาษ และเนื้อหาพิมพ์เป็นตัวปกติ ขนาด 14 Point จัดกระจายหน้ากระดาษ
4. **องค์ประกอบบทความวิจัยประกอบด้วย**
 - 4.1 **ชื่อเรื่อง** มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ มีความยาวไม่เกินภาษาละ 2 บรรทัด สามารถอธิบายสาระของเรื่องได้ตีรูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวหนา ขนาด 14 Point จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ
 - 4.2 **ชื่อผู้นิพนธ์บทความ** มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้ชื่อเต็มไม่ต้องระบุค่านำหน้าชื่อ ใส่เครื่องหมายเชิงอรรถเป็นตัวเลขยกไว้ท้ายนามสกุลเรียงลำดับตามจำนวนผู้นิพนธ์บทความและใส่เครื่องหมายดอกจัน(*) ไว้บนเลขยกเพื่อแสดงว่าเป็นผู้นิพนธ์หลัก รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวหนา ขนาด 14 Point จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ โดยใส่รายละเอียดที่อยู่ผู้นิพนธ์บทความและอีเมลผู้นิพนธ์หลักในเชิงอรรถ
 - 4.3 **ที่อยู่ผู้นิพนธ์บทความ** ใส่รายละเอียดในเชิงอรรถข้อความที่เขียนไว้ส่วนล่างของหน้ากระดาษและมีเส้นคั่นระหว่างเชิงอรรถกับตัวบทคัดย่อ (Abstract) อย่างชัดเจน โดยขีดเส้นคั่นจากริมกระดาษด้านซ้าย ไปทางด้านขวาประมาณ 1 นิ้ว หรือ 7 ตัวอักษร ใส่ตัวเลขกำกับไว้เหนือตัวอักษรตัวแรกเล็กน้อย ตัวเลขต้องตรงกับตัวเลขที่กำกับไว้กับชื่อผู้นิพนธ์บทความ ให้ระบุตำแหน่งทางวิชาการ(ถ้ามี) สถานที่ทำงาน หน่วยงานหรือสถาบัน และอีเมลแอดเดรส (E-mail Address) ของผู้นิพนธ์บทความทุกท่าน เช่น นักศึกษาระดับ.... สาขา.... คณะ มหาวิทยาลัย.... อีเมล.... หรือ อาจารย์.... สาขา..... คณะ..... มหาวิทยาลัย.... อีเมล.... หรือ ตำแหน่ง... บริษัท... ที่อยู่... อีเมล... รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวปกติ ขนาด 12 Point จัดชิดซ้ายหน้ากระดาษ
 - 4.4 **บทคัดย่อ(Abstract)** ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษความยาวไม่เกิน 15 บรรทัด หรือ 350 คำ โดยใช้จำนวนให้กระชับ ชัดเจนที่สุด รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวปกติ ขนาด 14 Point จัดกระจายหน้ากระดาษ
 - 4.5 **คำสำคัญ(Keyword)** ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษอยู่ใต้บทคัดย่อ(Abstract) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษจำนวน 3 – 5 คำเรียงตามลำดับอักษรระหว่างคำวรรค 2 วรรค Keyword หรือคำสำคัญภาษาอังกฤษคั่นระหว่างคำด้วยจุลภาค(.)
 - 4.6 **เนื้อหาของบทความวิจัย** ประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้
 - 4.6.1 **บทนำ** เป็นส่วนของเนื้อหาที่บอกความเป็นมา และเหตุผลนำไปสู่การศึกษาวิจัย
 - 4.6.2 **วัตถุประสงค์ของการวิจัย** ให้ชี้แจงถึงจุดมุ่งหมายของการวิจัย
 - 4.6.3 **วิธีดำเนินการวิจัย** ควรอธิบายวิธีดำเนินการวิจัย โดยกล่าวถึงวิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง ที่มาของกลุ่มตัวอย่าง แหล่งที่มาของข้อมูล การเก็บและรวบรวมข้อมูล การใช้เครื่องมือ สถิติที่ใช้ในการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล
 - 4.6.4 **ผลการวิจัยและอภิปรายผล** เป็นการเสนอสิ่งที่ได้จากกรวิจัยเป็นลำดับอาจแสดงด้วยตารางกราฟ แผนภาพประกอบการอธิบาย ทั้งนี้ถ้าแสดงด้วยตาราง ควรเป็นตารางแบบไม่มีเส้นขอบตารางด้านซ้ายและขวา หัวตารางแบบธรรมดาไม่มีสี ตารางควรมีเฉพาะที่จำเป็นไม่ควรเกิน 5 ตาราง สำหรับรูปภาพประกอบควรเป็นรูปภาพขาว-ดำ ที่ชัดเจน และมีคำบรรยายใต้รูป จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ กรณีที่จำเป็นอาจใช้ภาพสีได้
 - 4.6.5 **สรุป** (สาขามนุษยศาสตร์ เป็นการสรุปผลที่ได้จากการวิจัยและควรมีการอภิปรายผลการวิจัยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่เพียงใด และควรอ้างทฤษฎีหรือเปรียบเทียบการทดลองของผู้อื่นที่เกี่ยวข้องประกอบเพื่อให้ผู้อ่านเห็นด้วยตามหลักการหรือคัดค้านทฤษฎีที่มีอยู่เดิม รวมทั้งแสดงให้เห็นถึงการนำไปใช้ประโยชน์ และการให้ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต
 - 4.6.6 **ข้อเสนอแนะ** ควรมี 2 ส่วน คือ ข้อเสนอเกี่ยวกับงานวิจัย และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

4.6.7 กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี) ข้อความแสดงความขอบคุณผู้มีส่วนสนับสนุน ช่วยเหลือ และให้ความร่วมมือในการทำงานวิจัย รวมถึงแหล่งทุนสนับสนุนต่างๆ

4.6.8 เอกสารอ้างอิงและการอ้างอิง การเขียนเอกสารอ้างอิงและการอ้างอิง ใช้ระบบ APA (American Psychological Association) ให้เรียงลำดับชื่อผู้แต่งหรือผู้รายงานตามลำดับอักษรเริ่มด้วยเอกสารภาษาไทยก่อน แล้วต่อกับเอกสารภาษาต่างประเทศ

4.7 การเขียนเอกสารอ้างอิงและการอ้างอิงในระบบ APA (American Psychological Association)

- 4.7.1 ชื่อวารสาร ชื่อหนังสือ และปีที่ (Volume) ไม่ใช่ชื่อย่อ
- 4.7.2 ชื่อภาษาอังกฤษ เขียนชื่อผู้แต่งโดยขึ้นต้นด้วย Last name ตามด้วยจุลภาค (,) และชื่อย่อตามด้วยมหัพภาค (.)
- 4.7.3 ชื่อไทย เขียนชื่อผู้แต่งโดยขึ้นต้นด้วยชื่อตัว ตามด้วยนามสกุล
- 4.7.4 กรณีผู้แต่งมากกว่าหนึ่งคน ให้เขียนชื่อผู้แต่งทั้งหมดทุกคน คั่นระหว่างชื่อด้วยจุลภาค (,) และมีคำว่า “and” ในกรณีชื่อภาษาอังกฤษ หรือ “และ” ในกรณีชื่อภาษาไทยก่อนชื่อสุดท้าย
- 4.7.5 ถ้าไม่มีชื่อผู้แต่ง ให้ขึ้นต้นด้วยชื่อเรื่อง หรือชื่อวารสาร หรือชื่อหนังสือ ตามด้วยปีที่พิมพ์
- 4.7.6 ถ้าผู้แต่งเป็นหน่วยงาน หรือองค์กร ให้ใช้ชื่อหน่วยงานหรือองค์กรแทนชื่อผู้แต่ง
- 4.7.7 เรียงลำดับรายการตามตัวอักษรชื่อผู้แต่ง รายการที่มีทั้งเอกสารภาษาไทยและอังกฤษ ให้นำข้อมูลภาษาไทยขึ้นก่อน ตามด้วยข้อมูลภาษาอังกฤษ พิมพ์โดยใช้ระยะห่างระหว่างบรรทัด อย่างน้อย (At least) 12 Point
- 4.7.8 บรรทัดที่สองและบรรทัดต่อไปของแต่ละรายการให้ย่อหน้าเข้ามา 7 ตัวอักษร หรือ 1.25 เซนติเมตร
- 4.7.9 การอ้างอิง – อ้างโดย(ชื่อผู้แต่ง, ปีที่พิมพ์)
- 4.7.10 ไม่อ้างโดยใช้คำว่า “และคณะ” หรือ “และคนอื่นๆ” หรือ et al. ยกเว้นกรณีอ้างในเนื้อเรื่องที่มีผู้แต่งตั้งแต่สามคนขึ้นไปและหลังจากได้มีการอ้างครั้งแรกไว้ก่อนหน้านั้นแล้ว หรือการอ้างที่มีผู้แต่งตั้งแต่หกคนขึ้นไป
- 4.7.11 การอ้างจากวารสารและนิตยสารให้ระบุหน้าแรกถึงหน้าสุดท้าย โดยไม่ใช่คำย่อ “p.” หรือ “pp.” นอกจากหนังสือ
- 4.7.12 การติดต่อส่วนตัวโดยสื่อใดๆ ก็ตาม สามารถอ้างอิงได้ในเนื้อเรื่อง แต่ต้องไม่มีการระบุไว้ในรายการเอกสารอ้างอิง เพราะผู้อื่นไม่สามารถติดตามข้อมูลเหล่านี้ได้
- 4.7.13 การอ้างอิงจาก Website ให้ระบุวัน เดือน ปีที่พิมพ์ ถ้าไม่ปรากฏให้อ้างวันที่ทำการสืบค้น และระบุ URL ให้ชัดเจน ถูกต้อง เมื่อจบ URL address ห้ามใส่จุด (.) ข้างท้าย
- 4.7.14 Website ไม่บอกวันที่ ให้ระบุ n.d.
- 4.7.15 หลัง มหัพภาค “.” (period) เว้น 2 บรรทัด
- 4.7.16 หลัง จุลภาค “,” (comma) เว้น 1 บรรทัด
- 4.7.17 หลัง อัฒภาค “;” (semicolon) เว้น 1 บรรทัด
- 4.7.18 หลัง ทวิภาค “:” (colons) เว้น 1 บรรทัด
- 4.7.19 รูปแบบและตัวอย่างการอ้างอิงจากสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ

1. หนังสือหรือตำรา

รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง. //(ปีที่พิมพ์)//ชื่อหนังสือ/ครั้งที่พิมพ์(ถ้ามี). //เมืองที่พิมพ์: /สำนักพิมพ์.
ตัวอย่างเช่น ไพรัช รัชพงษ์ และกฤษณะ ช่างกล่อม. (2541). งานพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานสารสนเทศแห่งชาติเพื่อการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: แพร่พิทยา.
Mitchell, T. R., & Larson, J. R., Jr. (1987). People in organizations: An introduction to organizational behavior (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.

2. หนังสือหรือตำราที่มีบรรณาธิการ

รูปแบบ: ชื่อบรรณาธิการ(ผู้รวบรวม)//(ปีที่พิมพ์)//ชื่อหนังสือ//เมืองที่พิมพ์:/สำนักพิมพ์.
ตัวอย่างเช่น อุดลย์ วิริยเวชกุล, (บก.). (2541). คู่มือจัดการเรียนการสอนระดับบัณฑิตศึกษา. นครปฐม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.
Gibbs, J. T., & Huang, L. N. (Eds.). (1991). Children of color: Psychological interventions with minority youth. San Francisco: Jossey-Bass.

3. วิทยานิพนธ์

- รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง.// (ปีที่พิมพ์).// ชื่อวิทยานิพนธ์.// ระดับวิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัย.
ตัวอย่างเช่น พรพิมล เฉลิมพลาณภาพ. (2535). พฤติกรรมการแสวงหาข่าวสารและการใช้เทคโนโลยีการสื่อสารของบริษัทธุรกิจเอกชนที่มียอดขายสูงสุดของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วารสารศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวารสารศาสตร์และสื่อสารมวลชน, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- Almeida, D.M. (1990). Fathers' participation in family work: Consequences for fathers' stress and father-child relations. Unpublished master's thesis, University of Victoria, Victoria British Columbia, Canada.

4. รายงานการประชุมหรือสัมมนาทางวิชาการ

- รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง.// ปีที่พิมพ์.// ชื่อเรื่อง.// ชื่อเอกสารรวมเรื่องรายงานการประชุม, วัน เดือน ปี สถานที่จัด.
เมืองที่พิมพ์: / สำนักพิมพ์.
ตัวอย่างเช่น กรมวิชาการ. 2538. การประชุมปฏิบัติการรณรงค์เพื่อส่งเสริมนิสัยรักการอ่าน, 25-29 พฤศจิกายน 2528 ณ วิทยาลัยครูมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม. กรุงเทพฯ: ศูนย์พัฒนาหนังสือ กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1991). A motivational approach to self: Integration in personality. In R. Dienstbier (Ed.), Nebraska Symposium on Motivation: Vol. 38. Perspectives on Motivation (pp. 237-288). Lincoln: University of Nebraska Press. *Motivation: Vol. 38. Perspectives on Motivation* (pp. 237-288). Lincoln: University of Nebraska Press.

5. พจนานุกรม

- ตัวอย่างเช่น พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542. (2546). กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คพับลิเคชัน.
Shorter Oxford English dictionary (5 th ed.). (2002). New York: Oxford University Press.

6. วารสาร/นิตยสาร

- รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง.// (ปีที่พิมพ์).// ชื่อเรื่อง.// ชื่อวารสารหรือนิตยสาร, ปีที่ (ฉบับที่), หน้าแรก-หน้าสุดท้าย.
ตัวอย่างเช่น ชำนิ กิ่งแก้ว และอุษา คະณ. (2551). การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการลดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิตแอลกอฮอล์, วารสารเทคโนโลยีภาคใต้, 1 (2), 27-35.
- Klimoski, R. & Palmer, S. (1993). The ADA and the hiring process in organizations. *Consulting Psychology Journal: Practice and Research*, 45 (2), 10-36.

7. บทความจากหนังสือพิมพ์

- รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง.// (ปีที่พิมพ์, เดือน, วันที่).// ชื่อเรื่อง.// ชื่อหนังสือพิมพ์, หน้าที่มาอ้างอิง.
ตัวอย่างเช่น สายใจ ดวงมาลี. (2548, มิถุนายน 7) มาลาเรียลาม3จว.ได้ตอนบน สธ.เร่งคุมเข้มกันเชื้อแพร่หนัก. *คม-ชัด-ลึก*, 25.
- Di Rado, A. (1995, March 15). Trekking through college: Classes explore modern society using the world of Star Trek. *Los Angeles Time*, p. A3.

8. สื่ออิเล็กทรอนิกส์

- รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง.// (ปีที่พิมพ์).// ชื่อเรื่อง, วันที่ทำการสืบค้น.// ชื่อฐานข้อมูล.// URL
Author(s). (date-or "n.d."). Title of work. (Online), date retrieved. Name of Database or Internet address of the specific document. Specify URL exactly.

ตัวอย่างเช่น สำนักงานคณะกรรมการวัฒนธรรมแห่งชาติ กระทรวงวัฒนธรรม. (2545). ประเพณีใส่
 กระจาดชาวไทยพวนสอนให้รู้จักแบ่งปัน มีน้ำใจ, 7 มิถุนายน 2548.
http://www.m-culture.go.th/culture01/highlight/highlightdetail.php?highlight_id=114&lang=th
 Lynch, T. (1996). DS9 trials and tribble-ations review. Retrieved October
 8,1997, from Psi Phi: Bradley’s Science Fiction Club Website:
<http://www.bradley.edu/psiphi/DS9/ep/503r.html>

5. **การส่งต้นฉบับ** ผู้นิพนธ์บทความต้องส่งต้นฉบับที่พิมพ์ตามรูปแบบของต้นฉบับในข้อกำหนดของคำแนะนำการเขียนและส่งต้นฉบับวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ในรูปแบบ Word Document (.docx) และ PDF File (.pdf) พร้อมแบบนำส่งบทความวิจัยลงตีพิมพ์เผยแพร่วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์และสำเนาหลักฐานการชำระเงินค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ มาที่ E-mail address: rdi_published@vru.ac.th บทความวิจัยที่ปฏิบัติตามคำแนะนำจะได้รับพิจารณาดำเนินการโดยทันที

6. การประเมินบทความวิจัย และลิขสิทธิ์ในการตีพิมพ์เผยแพร่

6.1 **การอ่านประเมินต้นฉบับ** บทความวิจัยต้นฉบับที่ส่งเข้ามาเพื่อลงตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จะได้รับการอ่านประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) ในสาขานั้น ๆ อย่างน้อยจำนวน 2 ท่านต่อเรื่องและส่งผลการอ่านประเมินคืนผู้นิพนธ์บทความให้เพิ่มเติม แก้ไข แล้วแต่กรณี โดยบทความที่ผ่านการประเมินได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ผู้นิพนธ์บทความจะได้รับหนังสือแจ้งพิจารณาการตีพิมพ์ พร้อมวารสารฉบับที่บทความวิจัยนั้นลงตีพิมพ์ จำนวน 1 ฉบับ

6.2 **ลิขสิทธิ์บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์** ถือเป็นกรรมสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ห้ามนำข้อความทั้งหมดหรือบางส่วนไปพิมพ์ซ้ำ เว้นแต่จะได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเป็นลายลักษณ์อักษร

6.3 **ความรับผิดชอบ** เนื้อหาต้นฉบับที่ปรากฏในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นความรับผิดชอบของผู้นิพนธ์บทความหรือผู้เขียนเอง ทั้งนี้ไม่รวมความผิดพลาดอันเกิดจากเทคนิคการพิมพ์

2.54 ซม.

ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ (ตัวหนาขนาด 14 point จัดกึ่งกลาง)
(เว้น 14 point)

ชื่อผู้พิมพ์ภาษาอังกฤษ¹//ชื่อผู้พิมพ์ภาษาอังกฤษ²//ชื่อผู้พิมพ์ภาษาอังกฤษ³// (ตัวหนาขนาด 12 point จัดกึ่งกลาง)
(เว้น 14 point)

ABSTRACT (ตัวหนาขนาด 14 point ชิดซ้าย)

Abstract must be written in Thai and English, within a maximum of 350 words for each language

ย่อหน้า 1.25 ซม. หรือประมาณ 7 ตัวอักษร

..... (ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจาย)
(เว้น 14 point)

Keyword:,,,, (ตัวปกติขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)
(เว้น 14 point)

.....

¹Position, Office address, Email address: author 1
²Position, Office address, Email address: author 2
³Position, Office address, Email address: author 3
*Corresponding author, e-mail:

2 ซม.

2.54 ซม.

บทนำ (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

เป็นส่วนของเนื้อหาที่บอกความเป็นมา และเหตุผลนำไปสู่การศึกษาวิจัย

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจาย)

(เว้น 14 point)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

ให้ชี้แจงถึงจุดมุ่งหมายของการวิจัย.....

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจาย)

(เว้น 14 point)

วิธีดำเนินการวิจัย (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

ควรอธิบายวิธีดำเนินการวิจัย โดยกล่าวถึงวิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง ที่มาของกลุ่มตัวอย่าง แหล่งที่มาของข้อมูล การเก็บและรวบรวมข้อมูล การใช้เครื่องมือ สถิติที่ใช้ในการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจาย)

(เว้น 14 point)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

เป็นการเสนอสิ่งที่ได้จากการวิจัยเป็นลำดับอาจแสดงด้วยตารางกราฟ แผนภาพประกอบการอธิบาย ทั้งนี้ถ้าแสดงด้วยตาราง ควรเป็นตารางแบบไม่มีเส้นขอบตารางด้านซ้ายและขวา หัวตารางแบบธรรมดาไม่มีสี ตารางควรมีเฉพาะที่จำเป็นไม่ควรเกิน 5 ตาราง สำหรับรูปภาพประกอบควรเป็นรูปภาพขาว-ดำ ที่ชัดเจนและมีคำบรรยายใต้รูป กรณีที่จำเป็นอาจใช้ภาพสีได้.....

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจาย)

(เว้น 14 point)

2 ซม.

สรุป (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

เป็นการสรุปผลที่ได้จากการวิจัยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่เพียงใด และควรอ้างทฤษฎีหรือเปรียบเทียบการทดลองของผู้อื่นที่เกี่ยวข้องประกอบเพื่อให้ผู้อ่านเห็นด้วยตามหลักการหรือคัดค้านทฤษฎีที่มีอยู่เดิม รวมทั้งแสดงให้เห็นถึงการนำผลไปใช้ประโยชน์.....

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจาย)

(เว้น 14 point)

2 ซม.

ข้อเสนอแนะ (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

ควรมี 2 ส่วน คือ ข้อเสนอเกี่ยวกับงานวิจัย และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจาย)

(เว้น 14 point)

กิตติกรรมประกาศ(ถ้ามี) (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

ข้อความแสดงความขอบคุณผู้มีส่วนสนับสนุน ช่วยเหลือ และให้ความร่วมมือในการทำงานวิจัย รวมถึงแหล่งทุนสนับสนุนต่างๆ

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจาย)

(เว้น 14 point)

เอกสารอ้างอิง (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

การเขียนเอกสารอ้างอิงและการอ้างอิง ใช้ระบบ APA (American Psychological Association) เท่านั้น ให้เรียงลำดับชื่อผู้แต่งหรือผู้รายงานตามลำดับอักษรเริ่มด้วยเอกสารภาษาไทยก่อน แล้วต่อกับเอกสารภาษาต่างประเทศ.....

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจาย)

2 ซม.